



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE
OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO,
CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Irbid Luisiní Moscozo Rivas

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, septiembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE
OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO,
CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IRBID LUISINÍ MOSCOZO RIVAS

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE
OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO,
CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha noviembre de 2015.

Irbid Luisiní Moscozo Rivas



Guatemala, 09 de marzo de 2017
REF.EPS.DOC.217.03.17

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Irbid Luisini Moscozo Rivas, Registro Académico 0 y CUI 200611188**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Mayra Rebeca Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MRSdS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
24 de marzo de 2017

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Irbid Luisiní Moscozo Rivas, con Carnet No.200611188, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala,
17 de julio de 2017

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

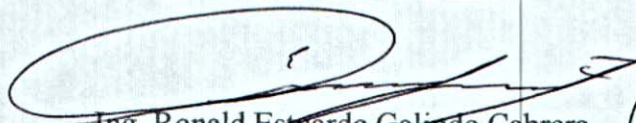
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Irbid Luisini Moscozo Rivas, con Carnet No. 2006-11188, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.





FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de julio de 2017

Ref.EPS.D.214.07.17

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

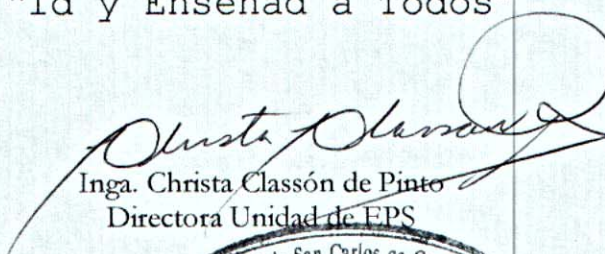
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Irbid Luisiní Moscozo Rivas, Registro Académico 200611188 y CUI 1653 58904 0111**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Inga. **Mayra Rebeca Soria de Sierra**.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

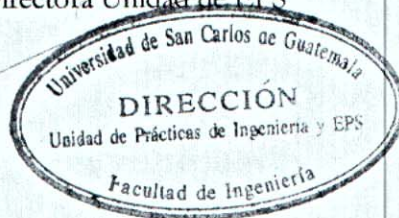
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Irbid Luisiní Moscozo Rivas, titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre
/mrrm.

Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua

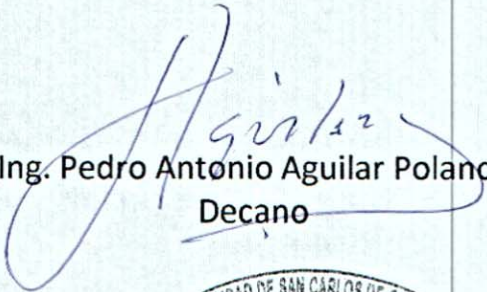




DTG. 390.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA Y DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario: **Irbid Luisini Moscozo Rivas,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Ingeniero del universo perfecto y equilibrado, por brindarme la dicha de cumplir una meta de vida.

Mis padres

Luis Moscozo y Lisseth Rivas. Por ser pilares de mi vida, por su apoyo, su amor será siempre mi inspiración

Mis hermanos

Wilmar, Líser, por emprender este viaje llamado vida juntos y porque más que humanos son mis hermanos, los quiero.

Mis abuelos

Alfredo Moscozo (q.e.p.d.), Herminia Portillo (q.e.p.d.), Flabio Rivas (q.e.p.d.), Amelia Rayo, porque sé que están orgullosos de sus hijos.

Mis primos

A todos en general. Con mucho cariño. Y en especial a Víctor Hugo Moscozo y su esposa Astrid García, por su apoyo.

Mi familia

A todos en general. Con mucho cariño y respeto.

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi alma máter, por permitirme culminar mi vida
académica en tal glorioso recinto.

Mi patria

Guatemala.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Lugar de formación de grandes profesionales, que me ha permitido ser parte de tan honorable Universidad, y decir orgullosamente soy sancarlista.

**Facultad de
Ingeniería**

Por ser parte de mi formación profesional y personal.

Dios

Por darme la capacidad de razonamiento, entendimiento, paciencia y disciplina para culminar esta etapa de mi vida para gloria de su Santo nombre y satisfacción de mis padres.

Mis Padres

Por ser mis guías, mi ejemplo de trabajo duro y vida plena; por ser quienes me animan a seguir adelante, a dar lo mejor de mí para la realización de este sueño que logramos juntos. Dios les bendiga siempre y me permita retribuirles con creces sus sacrificios.

Mis hermanos

Por compartir la alegría y rutina de la vida diaria, y ser por quienes deseo superar todas las adversidades venideras y apoyarlos en lo que sea, muchas gracias por todo.

Mi asesora

Ingeniera Mayra Rebeca García de Sierra, por su apoyo y consejos durante el proceso de EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XXI
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de San Juan Sacatepéquez.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Topografía	2
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Cultura	3
1.1.4.1. Feria del pueblo	4
1.1.4.2. Traje típico	4
1.1.4.3. Costumbres	4
1.1.5. Tipo de vivienda y actividad económica	5
1.1.5.1. Tapicería.....	5
1.1.5.2. Agricultura.....	5
1.1.6. Población y demografía	6
1.1.6.1. Organización socioeconómica.....	6
1.2. Monografía de caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca.....	6
1.2.1. Ubicación y localización.....	6
1.2.2. Colindancias	7
1.2.3. Clima	8

1.2.4.	Tipo de vivienda y actividad económica	8
1.2.5.	Vías de acceso	9
1.2.6.	Servicios públicos.....	9
1.3.	Monografía de caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos.....	9
1.3.1.	Ubicación y localización	9
1.3.2.	Colindancias.....	11
1.3.3.	Clima	11
1.3.4.	Tipo de vivienda y actividad económica	12
1.3.5.	Vías de acceso	12
1.3.6.	Servicios públicos.....	12
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1.	Proceso de diseño estructural de edificación escolar de dos niveles	13
2.1.1.	Descripción general del área disponible para el proyecto.....	14
2.1.1.1.	Planimetría	15
2.1.1.2.	Altimetría	15
2.1.1.3.	Estudio de suelos	15
2.1.2.	Criterios de diseño arquitectónico	18
2.1.2.1.	Altura del edificio	18
2.1.3.	Criterio del diseño estructural.....	19
2.1.3.1.	Estudio de carga	20
2.1.3.2.	Predimensionamiento.....	21
2.1.4.	Análisis de carga por AGIES 2 010	27
2.1.5.	Integración de carga gravitacional.....	30
2.1.6.	Integración de carga horizontal	36
2.1.6.1.	Masa (peso) sísmica	37

	2.1.6.1.1.	Carga muerta.....	38
	2.1.6.1.2.	Carga viva	39
2.1.6.2.		Periodo fundamental de vibración	40
2.1.6.3.		Coeficiente sísmico.....	41
2.1.6.4.		Método estático: carga horizontal equivalente	43
	2.1.6.4.1.	Coeficiente de respuesta sísmica.....	44
	2.1.6.4.2.	Fuerza de tope de piso.....	44
	2.1.6.4.3.	Distribución de cortante basal	45
2.1.6.5.		Torsión.....	47
	2.1.6.5.1.	Cálculo del centro de masa.....	47
	2.1.6.5.2.	Cálculo del centro de rigidez.....	52
2.1.6.6.		Distribución horizontal de la fuerza.....	57
	2.1.6.6.1.	Cálculo de excentricidad real y de diseño	57
	2.1.6.6.2.	Efectos torsionales	60
	2.1.6.6.3.	Fuerza horizontal finales	65
2.1.6.7.		Control de desplazamiento de deriva ..	67
2.1.7.		Métodos de análisis estructural	72
	2.1.7.1.	Análisis estructural por el método de Kanin con nudo desplazables	72
	2.1.7.2.	Análisis estructural usando Etabs.....	80

2.1.7.3.	Comparación de resultados.....	82
2.1.8.	Diseño estructural de concreto armado.....	83
2.1.8.1.	Combinación de carga	83
2.1.8.2.	Envolvente de momentos	84
2.1.8.2.1.	Diagrama de corte y momento de diseño.....	86
2.1.8.3.	Diseño estructural y detallado sismorresistente	90
2.1.8.3.1.	Diseño de viga	90
2.1.8.3.2.	Diseño de columnas.....	98
2.1.8.3.3.	Diseño de losa para el primer nivel.....	109
2.1.8.3.4.	Diseño de zapatas	123
2.1.8.3.5.	Diseño de zapata combinada.....	132
2.1.8.3.6.	Diseño de gradas	144
2.1.9.	Planos	148
2.1.10.	Presupuesto	148
2.1.11.	Cronograma de ejecución	148
2.1.12.	Estudio económico	151
2.1.12.1.	Beneficios sociales	151
2.1.12.2.	Valor presente neto	151
2.1.12.3.	Tasa interna de retorno	153
2.1.13.	Estudio de impacto ambiental (EIA)	153
2.1.13.1.	Impacto ambiental positivo	153
2.1.13.2.	Impacto ambiental negativo.....	154
2.1.13.3.	Análisis de riesgo y planes de contingencia	155

	2.1.13.4. Plan de contingencia en construcción.....	156
2.2.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Concepción El Pilar II.....	156
2.2.1.	Descripción del proyecto	156
2.2.2.	Estudio topográfico	157
	2.2.2.1. Planimetría.....	157
	2.2.2.2. Altimetría.....	157
2.2.3.	Consideraciones generales para el diseño de alcantarillados sanitarios	158
	2.2.3.1. Selección de ruta	158
	2.2.3.2. Periodo de diseño.....	159
	2.2.3.3. Estimación de la población tributaria .	159
	2.2.3.3.1. Incremento aritmético .	159
	2.2.3.3.2. Incremento geométrico.....	160
2.2.4.	Velocidad de diseño	160
2.2.5.	Pendiente.....	161
2.2.6.	Caudal	161
	2.2.6.1. Caudal domiciliar	162
	2.2.6.2. Dotación de agua potable.....	162
	2.2.6.3. Factor de retorno	163
	2.2.6.4. Caudal comercial	164
	2.2.6.5. Caudal industrial	164
	2.2.6.6. Caudal infiltración	164
	2.2.6.7. Caudal ilícito	167
	2.2.6.8. Caudal medio.....	168
	2.2.6.8.1. Factor de caudal medio (fqm)	168

2.2.6.9.	Caudal máximo	168
2.2.6.9.1.	Factor de Harmond	168
2.2.6.9.2.	Factor de caudal máximo.....	169
2.2.6.10.	Caudal de diseño	169
2.2.7.	Principios de hidráulica	170
2.2.7.1.	Relaciones hidráulicas	170
2.2.7.2.	Coeficiente de rugosidad de Mannig ..	171
2.2.7.3.	Diámetro de tuberías	172
2.2.7.4.	Profundidad de tuberías	172
2.2.8.	Cotas invert	173
2.2.9.	Pozos de visita	174
2.2.9.1.	Diámetro entre pozos	175
2.2.9.2.	Distancia entre pozos	176
2.2.10.	Conexiones domiciliarias.....	176
2.2.10.1.	Tubería domiciliar	176
2.2.10.2.	Caja o candela	176
2.2.11.	Tratamiento de aguas residuales	177
2.2.12.	Metodología de diseño	177
	Número actual de viviendas (habitacionales)	178
131	178	
	Densidad poblacional promedio (habitante/vivienda)	178
6	178	
	Población actual (habitantes)	178
786	178	
2.2.13.	Planos	188
2.2.14.	Presupuestos	188
2.2.15.	Cronograma de ejecución	189
2.2.16.	Estudio económico	192

2.2.16.1.	Valor presente neto	192
2.2.16.2.	Tasa interna de retorno	193
2.2.17.	Estudio de impacto ambiental (EIA).....	194
2.2.17.1.	Impacto ocasionado al ambiente	194
2.2.17.2.	Impactos adversos no significativos ..	194
2.2.17.3.	Impacto benéficos significativos	196
2.2.17.4.	Medidas de mitigación a los principales impactos	196
2.2.17.5.	Operación y mantenimiento	197
CONCLUSIONES		199
RECOMENDACIONES		201
BIBLIOGRAFÍA		203
APÉNDICES		207
ANEXOS		213

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Ubicación del municipio de San Juan Sacatepéquez.....	2
2.	Ubicación del caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca	7
3.	Ubicación del caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos.....	10
4.	Planta esquemática de la escuela Santa Fe Ocaña.....	14
5.	Planta de módulo I, escuela Santa Fe Ocaña	20
6.	Área tributaria para la columna crítica B9, módulo I.....	24
7.	Nomenclatura de vigas, módulo I, 1 nivel.....	30
8.	Nomenclatura de vigas, módulo I, 2 nivel.....	31
9.	Áreas tributarias para marco 9	34
10.	Consideración de la masa sísmica por nivel	37
11.	Zonificación sísmica de Guatemala	42
12.	Idealización del corte basal eje transversal.....	46
13.	Idealización corte basal eje longitudinal	46
14.	Centro de masa y rigidez, niveles 2 y 1,.....	59
15.	Fuerzas de piso finales, sentido Y	67
16.	Fuerzas de piso finales, sentido X	67
17.	Derivas AGIES 2 010	71
18.	Estado de cargas para marco del eje 9, módulo I	73
19.	Diagrama de momentos para carga viva por el método de Kani, para el marco del eje 9, módulo I [kg-m]	78
20.	Diagrama de momentos para carga muerta por el método de Kani, para el marco del eje 9, módulo I [kg-m]	79
21.	Módulo I, escuela caserío Santa Fe Ocaña	80
22.	Diagrama de momentos para carga viva, por Etabs para el marco del eje 9, módulo I [kg-m]	81

23.	Diagrama de momentos para carga muerta por Etabs, para el marco del eje 9, módulo I [kg-m].....	81
24.	Envolvente de momentos para marco del eje 4 [kg-m].....	86
25.	Envolvente de corte para marco del eje 4 [kg].....	87
26.	Envolvente de momentos para marco del eje A [kg-m].....	88
27.	Envolvente de Corte para marco del eje A [kg].....	89
28.	Armado de viga 1N -4A-4B del módulo I, nivel 1	98
29.	Armado final de columna	108
30.	Planta típica de losas del primer nivel.....	109
31.	Coeficientes para momentos en losas en ambos sentidos	112
32.	Momentos a_{\pm} de losas en primer nivel en kg-m.....	114
33.	Momentos b_{\pm} de losas en primer nivel en kg-m.....	114
34.	Balance de momentos 1	115
35.	Balance de momentos 2	116
36.	Momentos a_{\pm} balanceados de losas en primer nivel	118
37.	Momentos b_{\pm} balanceados de losas en primer nivel	118
38.	Detalle de armado de losa de primer nivel, módulo I	123
39.	Dimensiones para chequeo por corte simple para zapata	127
40.	Dimensiones del área punzante de la zapata	129
41.	Armado final en planta de zapata	132
42.	Diagrama de corte y momento para zapata combinada	135
43.	Áreas tributarias para corte por punzonamiento	136
44.	Cálculo de momento crítico en sentido transversal de zapata combinada	140
45.	Detalle de armado de zapata combinada	143
46.	Detalle de gradas.....	147
47.	Flujo efectivo para la escuela primaria Santa Fe Ocaña.....	152
48.	Flujo efectivo para el alcantarillado sanitario, caserío Concepción El Pilar II.....	193

TABLAS

I.	Estación climatológica más cercana, para el municipio de San Juan Sacatepéquez.	3
II.	Estación climatológica más cercana, para el caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca	8
III.	Estación climatológica más cercana, para el caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos.....	11
IV.	Carga admisible según tipo de suelo	17
V.	Carga viva, diseño estructural de la escuela Santa Fe Ocaña.....	21
VI.	Carga muerta, diseño estructural de la escuela Santa Fe Ocaña	21
VII.	Predimensionamiento de losa	22
VIII.	Carga axial muerta, sobre columna B9, módulo I, primer nivel	24
IX.	Carga axial muerta, sobre columna B9, módulo I, segundo nivel.....	25
X.	Carga axial viva sobre columna B9, módulo I	25
XI.	Cargas vivas AGIES 2 010, utilizadas para el diseño de la escuela Santa Fe Ocaña	28
XII.	Integración de cargas para vigas del nivel 2	32
XIII.	Integración de cargas para vigas del nivel 1	33
XIV.	Peso sísmico carga muerta total de nivel 2 y 1	38
XV.	Peso sísmico carga viva total nivel 2 y 1	39
XVI.	Peso total sísmico por nivel.....	40
XVII.	Resumen de coeficientes de análisis sísmico del AGIES 2 010	43
XVIII.	Distribución vertical del corte basal	45
XIX.	Peso ejes en sentido x, segundo nivel, módulo I	47
XX.	Peso ejes en sentido Y, segundo nivel, módulo I.....	48
XXI.	Peso ejes en sentido y, primer nivel, módulo I	49
XXII.	Cálculo del centroide en sentido x, segundo nivel	50
XXIII.	Cálculo del centroide en sentido Y, segundo nivel	51

XXIV.	Centro de masa, segundo y primer nivel	52
XXV.	Cálculo del módulo de elasticidad del concreto	53
XXVI.	Rigidez de columnas.....	54
XXVII.	Cálculo del centro de rigidez sentido Y, nivel 2	55
XXVIII.	Cálculo del centro de rigidez en sentido X, nivel 2.....	56
XXIX.	Resumen de coordenadas del centro de rigidez.....	56
XXX.	Excentricidades y momentos torcionantes de diseño, en sentido X	60
XXXI.	Excentricidades y momentos torsionantes de diseño, en sentido Y	60
XXXII.	Factores de distribución de cortante en sentido X, nivel 2.....	62
XXXIII.	Factores de distribución de cortante en sentido Y, nivel 2.....	62
XXXIV.	Factores de distribución de cortante en sentido X, nivel 1	63
XXXV.	Factores de distribución de cortante en sentido Y, nivel 1,	63
XXXVI.	Corte sísmico en los elementos resistentes del nivel 2.....	64
XXXVII.	Corte sísmico en los elementos resistentes del nivel 1.....	65
XXXVIII.	Cortante y fuerza de piso en sentido X.....	66
XXXIX.	Cortante y fuerza de piso en sentido Y	66
XL.	Cálculo de desplazamiento elástico en ejes del nivel 2	69
XLI.	Cálculo de desplazamiento elástico en ejes del nivel 1	69
XLII.	Cálculo de la deriva elástica e inelástica en ejes del nivel 2.....	70
XLIII.	Cálculo de la deriva elástica e inelástica en ejes del nivel 1	71
XLIV.	Rigidez Relativa K [m ³]	74
XLV.	Factor de giro.....	75
XLVI.	Momentos fijos.....	75
XLVII.	Factor de corrimiento	76
XLVIII.	Comparación de resultados	82
XLIX.	Factores de carga y combinaciones sugeridos por el ACI 318S-08.....	84
L.	Envolvente de momento para viga 2N-4A-4B.....	85
LI.	Área de acero requerido para viga de tramo 1N-4A-4B, eje 4, nivel 1.....	92

LII.	Armado de refuerzo para viga de tramo 1N-4A-4B, eje 4, nivel 1	94
LIII.	Longitud de desarrollo para armado de vigas	97
LIV.	Longitud de anclaje para barras en tensión	97
LV.	Datos para el diseño de columna crítica 1N-9B	99
LVI.	Clasificación de columnas por su esbeltez.....	100
LVII.	Esbeltez de columna de primer nivel 1N-9B sentido x, sentido y, respectivamente	101
LVIII.	Esbeltez de columna de primer nivel 2N-9B sentido x, sentido y, respectivamente	101
LIX.	Áreas de acero y separación para losas de primer nivel.....	121
LX.	Cargas ultimas sobre columna C11 y D11	132
LXI.	Resumen de renglones de trabajo	149
LXII.	Cronograma de ejecución	150
LXIII.	Coeficiente de rugosidad de Manning	172
LXIV.	Resumen de encuesta sanitaria.....	178
LXV.	Población actual del caserío Concepción El Pilar II.....	179
LXVI.	Dotación de agua potable	179
LXVII.	Parámetros de diseño	183
LXVIII.	Datos de entrada para tramo inicial	184
LXIX.	Resumen del presupuesto general.....	190
LXX.	Cronograma de ejecución	191

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A_s	Área de acero de fuerza a tracción o compresión
A_g	Área de sección transversal gruesa
A_z	Área de zapata
q_u	Capacidad de carga última
P_c	Carga crítica de Euler
CM	Carga muerta
CV	Carga viva
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena
C_s	Coefficiente sísmico
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida

ρ_b	Cuantía balanceada
ρ	Cuantía de acero de refuerzo
ϵ_s	Deformación unitaria a compresión del concreto
Δ_0	Desplazamiento lateral relativo (deriva)
P-M	Diagrama de interacción carga-momento
d	Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal a tensión.
X_{cm}	Distancia sobre el eje X del centro de masa
X_{cr}	Distancia sobre el eje X del centro de rigidez
Y_{cm}	Distancia sobre el eje Y del centro de masa
Y_{cr}	Distancia sobre el eje Y del centro de rigidez
e_{sx}	Excentricidad directa en el eje X
e_{sy}	Excentricidad directa en el eje Y
Pu	Fuerza axial última de análisis estructural de primer orden

Vu	Fuerza cortante última de análisis estructural de primer orden
h/m	Hombres/mujeres
Q	Índice de estabilidad
r	Momento de resistencia máximo probable
Mux	Momento mayorado sobre el eje
Muy	Momento mayorado sobre el eje Y
q_a	Presión de contacto admisible
in	Pulgadas
β_{dns}	Relación utilizada para calcular la reducción de la rigidez de las columnas debido a las cargas axiales permanentes
f'c	Resistencia a compresión del concreto
V_c	Resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo a corte.
Az	Área zapata
P	Carga aplicada a la columna

P'ux	Carga de resistencia de columna a una excentricidad ex.
P'uy	Carga de resistencia de columna a una excentricidad ey
n	Coeficiente de rugosidad
c	Coeficiente para momentos en losas
Ø	Diámetro
D	Diámetro de tubería
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
Fni	Fuerza por nivel, en el nivel i
Δ	Magnificador de momentos
m/s	Metros por segundo
Mb	Momento balanceado
t	Peralte de losa
m	Relación entre los claros de la losa a/b
fy	Resistencia a la fluencia de acero de refuerzo

Σ	Sumatoria
r	Tasa de crecimiento
Vs	Valor soporte del suelo
V	Velocidad de flujo a sección llena
v	Velocidad de flujo a sección parcialmente llena

GLOSARIO

ACI 318S-08	Instituto Americano del Concreto (por sus siglas en inglés). Comité 318: Reglamento Estructural para Edificaciones. Edición en español; 2008
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (por sus siglas en inglés).
Alcantarillado sanitario	Sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales.
Análisis estructural	Proceso que busca encontrar la forma que adquiere una estructura al ser sometida a cargas y los consecuentes esfuerzos a que se ven sometidos sus miembros.
ASTM	Asociación Americana para pruebas y materiales (por sus siglas en inglés).
Capacidad de carga	Esfuerzo máximo por unidad de área que el suelo puede soportar antes que ocurra la falla por cortante.
Cargas	Fuerzas u otras acciones resultantes del peso de los materiales de construcción, los ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales, movimientos diferenciales y restricciones a la deformación que

afectan a la estructura.

Cargas de servicio	También llamadas cargas de trabajo, son todas las cargas, estáticas o transitorias, que se imponen a la estructura, o elemento estructural, debido al uso de la edificación, sin factores de carga.
Cargas mayoradas	También llamadas cargas de diseño, son todas las cargas de servicio multiplicadas por su respectivo factor de mayoración de carga.
Caudal	Volumen de flujo que pasa en una sección por unidad de tiempo.
Corte basal	Carga inducida para reemplazar el efecto de sismo en un edificio, por fuerzas laterales equivalentes que actúan en la base del mismo.
Dotación	Volumen de agua consumida por un habitante durante un día.
Envolvente	Es la superposición de las gráficas que representa los esfuerzos máximos y mínimos sobre un elemento estructural.
Especificaciones	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo a las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.

Esbeltez	Se expresa en términos de su relación de esbeltez $k\ell_u/r$, donde k es un factor de longitud efectiva (que depende de las condiciones de vínculo de los extremos de la columna), ℓ_u es la longitud de la columna entre apoyos y r es el radio de giro de la sección transversal de la columna.
Fluencia	Es la deformación irrecuperable de una material que a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
Pendiente	Inclinación respecto a una línea horizontal.
Profundidad de desplántate	Profundidad a la cual se cimentara la base de una zapata.
Vida útil	Es el período durante el cual una estructura es capaz de mantener el nivel requerido de resistencia y de servicio.
Zapata	Estructura cuya función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

RESUMEN

Este trabajo de graduación contiene las propuestas técnicas de los proyectos, Edificio Escolar de dos niveles para el caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca y el sistema de Alcantarillado Sanitario para el caserío Concepción El Pilar II, ambos del municipio de San Juan Sacatepéquez, como aporte del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La primera parte, contiene la fase de investigación, donde se detalla las características culturales y climáticas del municipio de San Juan Sacatepéquez; caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca y caserío Concepción El Pilar II. La segunda parte presenta la fase de servicio técnico profesional, donde se desarrolla el diseño de ambos proyectos de forma didáctica y simple; finalmente, se elaboró un estudio de impacto ambiental, planes de mitigación, estudios financieros, presupuesto y cronograma de ejecución sugeridos, que son parte esencial de cada proyecto.

En toda etapa de diseño, en ambos proyectos, se tomaron en consideración los criterios sugeridos por diversas publicaciones de instituciones relativas a cada caso, las cuales se han referenciado dentro del documento, con la finalidad de justificar el procedimiento presentado en cada etapa del diseño.

OBJETIVOS

General

Diseñar un edificio escolar de dos niveles para el caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca y un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo de Ramos

Específicos

1. Diseñar un edificio escolar de dos niveles que cumpla con los requerimientos del código ACI 318-08 y las normas AGIES 2 010.
2. Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario que cumpla con los requerimientos del INFOM.
3. Elaborar planos, presupuestos y cronogramas de ejecución física y financiera para ambos proyectos.
4. Elaborar un manual de operación y mantenimiento para ambos proyectos.

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en coordinación con la Dirección Municipal de Planificación (DMP), trata de contribuir con el desarrollo en las comunidades.

Este proyecto responde a la necesidad manifiesta de los habitantes del, caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, donde el incremento de la población estudiantil del nivel primario ha provocado que las instalaciones de la escuela sean insuficientes para la demanda estudiantil. Para solucionar esta problemática se plantea, a continuación, el diseño de un edificio escolar de dos niveles.

Otro problema que enfrentan los habitantes del caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos, San Juan Sacatepéquez es la carencia de un sistema efectivo de alcantarillado sanitario. En tal virtud, a continuación se presenta un diseño que coadyuvará en la solución de la problemática mencionada.

En toda etapa de diseño de ambos proyectos se tomaron en consideración los criterios sugeridos por diversos códigos relacionados con cada caso, los cuales se referenciaron dentro del documento para justificar el procedimiento presentado en cada etapa del diseño.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Juan Sacatepéquez

Según datos históricos su origen es precolonial y fue conquistado por los españoles en el año 1 525 bajo el mando de Antonio de Salazar. El título de tierras de San Juan Sacatepéquez adquirió derechos el 3 de febrero de 1 752. En dicho título, consta que los indígenas compraron al rey de España un total de 480 caballerías y 38 manzanas. La institución municipal se estableció en el año 1 882 y de los años 1 936 a 1 946 no gobernaron alcaldes sino intendentes.

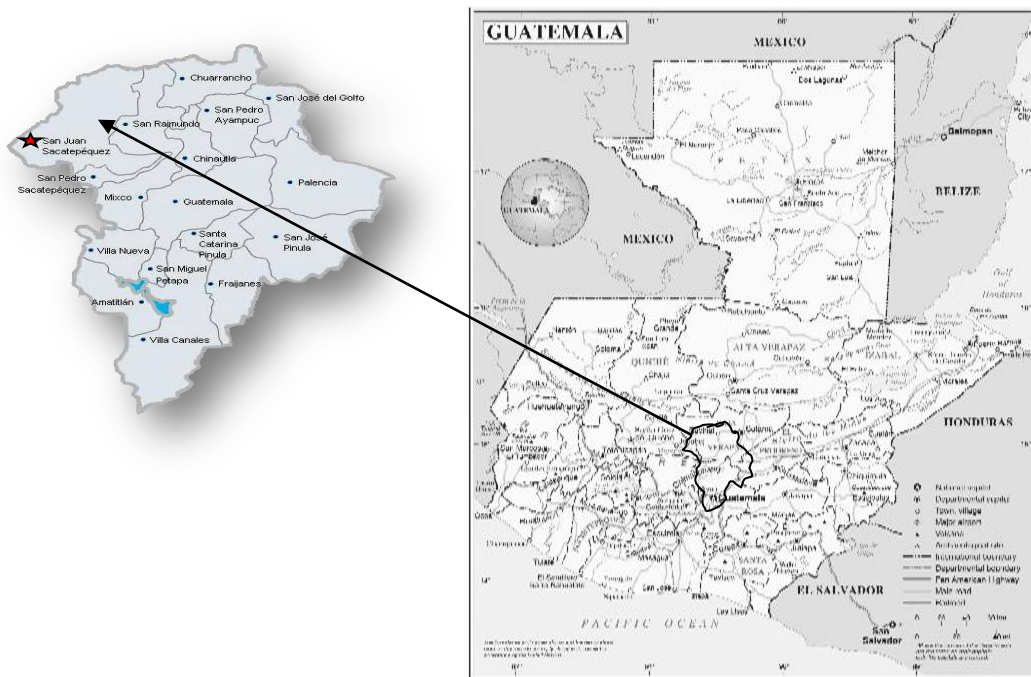
El nombre del municipio de San Juan Sacatepéquez deriva de dos fuentes: San Juan Bautista, patrono del municipio y dos voces del Cachiuel: sacar, que significa hierba y tepet, que significa cerro. Su origen es precolonial y fue conquistado por los españoles en el año 1 525 bajo el mando de Antonio de Salazar.

1.1.1. Ubicación y localización

Limita al norte con el municipio de Granados, Baja Verapaz; al este con el municipio de San Raymundo y San Pedro Sacatepéquez, ambos del departamento de Guatemala; al sur limita con el municipio de San Pedro Sacatepéquez; y al oeste con el municipio de San Martín Jilotepeque perteneciente al departamento de Chimaltenango y con el municipio de Xenacoj perteneciente al departamento de Sacatepéquez. Tiene una extensión de 242 kilómetros cuadrados.

Se encuentra a 1 895 metros sobre el nivel del mar, bajo las coordenadas 14° 43' 2,11" latitud, 90° 38' 54,32" longitud.

Figura 1. **Ubicación del municipio de San Juan Sacatepéquez**



Fuente: IGN, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

1.1.2. **Topografía**

La topografía del Municipio de San Juan Sacatepéquez es irregular. Cuenta con numerosas montañas, pendientes y hondonadas y escasas planicies. Las montañas del municipio se encuentran cubiertas de vegetación verde y exuberante. Presenta regiones de tierras fértiles que, gradualmente, hacen contacto con terrenos secos y barrancos arenosos.

1.1.3. Clima

El departamento de Guatemala, posee diversos climas o microclimas dentro de su área geográfica. El municipio de San Juan Sacatepéquez registra un clima templado semifrío variando a frío en los meses finales del año.

Tabla I. **Estación climatológica más cercana, para el municipio de San Juan Sacatepéquez**

San Lucas Sacatepéquez, kilómetro 31, febrero 2017			
Latitud: 14° 37' 0,1" Longitud: 90° 39' 40" Elevación: 2105 MSNM			
Descripción	Med.	Max.	Min.
Temperatura [°C]	16	23	5,8
Humedad [%]	71	92	38
Precipitación [mm]	1,45	1,9	1
Nubosidad [Octas]	5,45	8	3
Viento [Km/h]	1,6	2,6	1
Fenómenos atmosféricos			
Niebla	ok		
Llovizna	ok		
Roció	ok		
Helada	ok		

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del INSIVUMEH sección de climatología.

1.1.4. Cultura

En el caso del municipio de San Juan Sacatepéquez, su cultura e identidad está ligada a su origen Cachiquel, rico en tradiciones con una mezcla de cultura propia y de española representada por la cultura ladina. Otro aspecto que ha influido en este municipio es el religioso, ligado a la iglesia católica.

Como parte de la feria titular, muy arraigada en la cultura Sanjuanera, se organizan eventos deportivos como la “Copa Barcelona” con participación de los municipios de San Pedro Sacatepéquez, Santo Domingo Xenacoj y Santiago Sacatepéquez; que a la vez cuentan con otros eventos, como “Ciclismo de montaña”, “La Carrera del pueblo”, las “Corridas de toros” y el “Desfile de gala”. En estos eventos participan unos 1 500 atletas

1.1.4.1. Feria del pueblo

La fiesta titular de las comunidades, se celebra el día 24 de junio, en honor al patrono San Juan Bautista, el patrono del pueblo, al cual se le dedican todas las actividades durante esa semana. Se realizan eventos sociales, culturales y deportivos en esas fechas, incluyendo peleas de gallos.

1.1.4.2. Traje típico

El huipil y corte tradicionales de la mujer de San Juan se confecciona con tela de algodón tejida en hilar de cintura. La pieza de arriba o huipil incluye líneas verticales con predominio de los colores lilas y amarillos. Los bordados a mano, tejidos alrededor del cuello representan flora y fauna características de la región, como las flores y los pájaros. El corte o falda es un pedazo de tela de algodón de cuadros en colores oscuros como negro y blanco o azul índigo y blanco.

1.1.4.3. Costumbres

Entre las danzas folklóricas que se presentan están “El Torito” y “El Baile de las Flores”. Además, sus costumbres incluyen las cofradías. Estas costumbres de origen colonial constituyen organizaciones que veneran las

imágenes de la Virgen María, Jesús, San Juan Bautista, la Cruz y el Rosario. La música principal del pueblo está compuesta por sones de arpa y marimba, entre ellas destacan composiciones como La Sanjuanerita, El Chuj, El Maíz y la representación escénica acompañada de música denominada Las bodas de San Juan.

1.1.5. Tipo de vivienda y actividad económica

Su economía se basa en la agricultura. Cultivan variedad de frutas y flores que se comercializan fuera del municipio. También se explota la ganadería y avicultura, fabrican artesanías y promueven el turismo cultural. Entre sus artesanías, se destacan los tejidos, tejas, ladrillos, arcilla y la alfarería.

1.1.5.1. Tapicería

La tapicería es otra de las actividades destacadas en el pueblo, por lo cual se le denomina la “cuna del mueble”. Se fabrican muebles de finos acabados de sala, comedor y cocina. Se venden en el municipio, la ciudad capital, en otros departamentos, Centro América, Estados Unidos y Sur América.

1.1.5.2. Agricultura

La mayoría de sus suelos han sido oficialmente declarados no aptos para cosechas, pero los terrenos sobrantes son una buena fuente de cultivos. Además, los pobladores siembran flores ya que es una actividad muy importante para la localidad. Entre los cultivos principales están el maíz, el frijol y algunas verduras.

1.1.6. Población y demografía

Según datos del último Censo Nacional del 2 002, la población de San Juan Sacatepéquez asciende a 152 583 personas, de las cuales 49,44 por ciento, son hombres (75 415) y el 50,57 por ciento, son mujeres (77 168). Así mismo, el 53,46 por ciento de la población es considerada urbana (81 584), mientras que el 46,53 por ciento, es considerada población rural (70 999).

1.1.6.1. Organización socioeconómica

El municipio de San Juan Sacatepéquez está organizado en una cabecera municipal y trece aldeas, las cuales incluyen algunos caseríos. La población es mayoritariamente indígena y predominan los idiomas cachiquel y castellano.

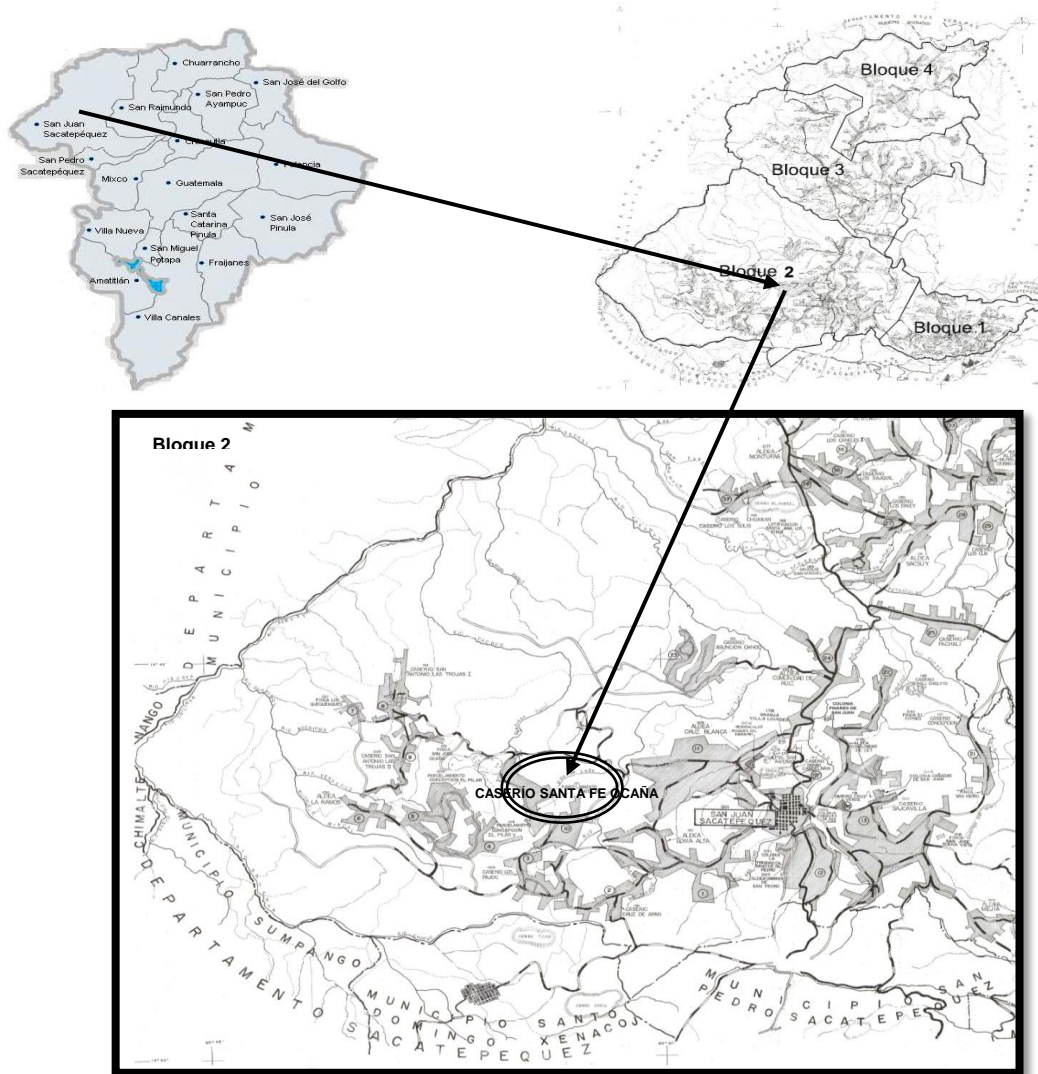
1.2. Monografía de caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca

Posee una población aproximada de 2 258 habitantes, todos de la etnia maya-cachiquel.

1.2.1. Ubicación y localización

Este caserío está ubicado al oeste de la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala a una altura aproximada de 1 916 metros sobre el nivel del mar, bajo las coordenadas 14° 43' 26,50" latitud y 90° 41' 26,60" longitud.

Figura 2. Ubicación del caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca



Fuente: IGN, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

1.2.2. Colindancias

Norte: Aldea Cruz Blanca

Oeste: Caserío El Pilar

Sur: Caserío Los Pajoc, Los Guamuch y Aldea Loma Alta

Este: Aldea Cruz Blanca

1.2.3. Clima

Las características climáticas registradas por el INSIVUMEH para el área del caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca, San Juan Sacatepéquez, son:

Tabla II. **Estación climatológica más cercana, para el caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca**

San Lucas Sacatepéquez, kilómetro 31, febrero 2017			
Latitud: 14° 37' 0,1" Longitud: 90° 39' 40" Elevación: 2105 MSNM			
Descripción	Med.	Max.	Min.
Temperatura [°C]	16	23	5,8
Humedad [%]	71	92	38
Precipitación [mm]	1,45	1,9	1
Nubosidad [Octas]	5,45	8	3
Viento [Km/h]	1,6	2,6	1
Fenómenos atmosféricos			
Niebla	ok		
Llovizna	ok		
Roció	ok		
Helada	ok		

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del INSIVUMEH sección de climatología.

1.2.4. Tipo de vivienda y actividad económica

Su actividad económica se basa principalmente en la producción de diversas especies de flores dentro de las cuales se pueden mencionar claveles, chastas, crisantemos, gladiolas y principalmente rosas de diferentes colores. La comercialización de este producto se realiza en el mercado de la cabecera municipal y en diferentes mercados de la ciudad capital.

1.2.5. Vías de acceso

El caserío Santa Fe Ocaña, dista 38 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala, por la ruta nacional 5, asfaltada hasta la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez. De la cabecera municipal se ubica a 8 kilómetros por carretera de terracería transitable en toda época del año.

1.2.6. Servicios públicos

El caserío, Santa Fe Ocaña, cuenta con todos sus servicios básicos como lo son energía eléctrica, agua potable, telefonías móviles, alcantarillado sanitario, escuela primaria.

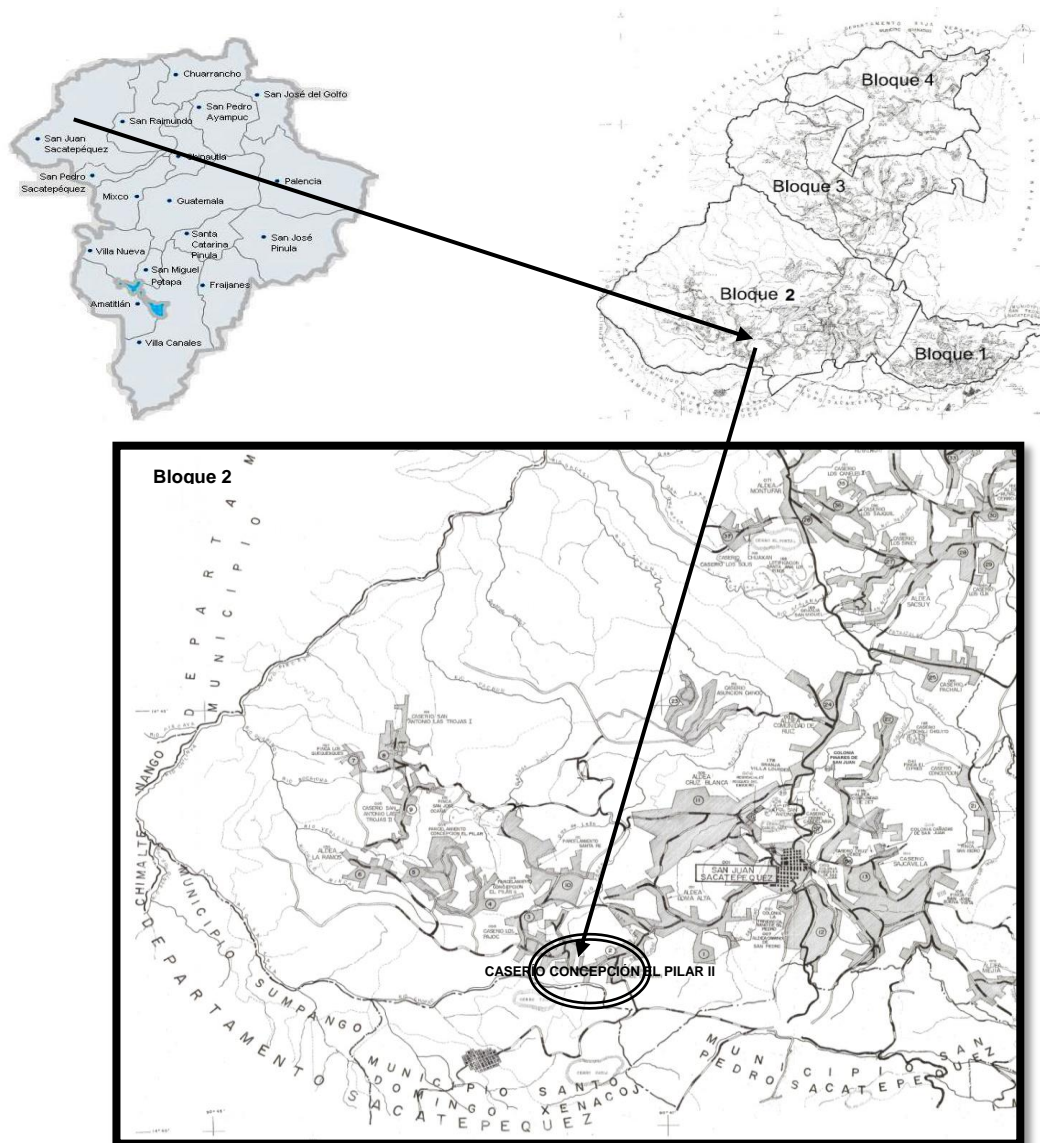
1.3. Monografía de caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos

Posee una población aproximada de 3 161 habitantes, todos de la etnia maya-cachiquel.

1.3.1. Ubicación y localización

Este caserío se encuentra ubicado al oeste de la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala a una altura aproximada de 1 932 metros sobre el nivel del mar, bajo las coordenadas 14° 42' 32,84" latitud y 90° 42' 14,69" longitud.

Figura 3. Ubicación del caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos



Fuente: IGN, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

1.3.2. Colindancias

Norte: Finca San José Ocaña

Oeste: Finca El Pilar

Sur: Aldea Loma Alta

Este: Parcelamiento Santa Fe Ocaña

1.3.3. Clima

Las características climáticas registradas por el INSIVUMEH para el área del caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos, San Juan Sacatepéquez, son:

Tabla III. **Estación climatológica más cercana, para el caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos**

San Lucas Sacatepéquez, kilómetro 31, febrero 2017			
Latitud: 14° 37' 0,1" Longitud: 90° 39' 40" Elevación: 2 105 MSNM			
Descripción	Med.	Max.	Min.
Temperatura [°C]	16	23	5,8
Humedad [%]	71	92	38
Precipitación [mm]	1,45	1,9	1
Nubosidad [Octas]	5,45	8	3
Viento [Km/h]	1,6	2,6	1
Fenómenos atmosféricos			
Niebla	ok		
Llovizna	ok		
Roció	ok		
Helada	ok		

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del INSIVUMEH sección de climatología.

1.3.4. Tipo de vivienda y actividad económica

La principal fuente de ingresos de los habitantes de este parcelamiento es la venta de su fuerza de trabajo, la cual ofrecen, principalmente, en la ciudad capital, otros lo hacen en las fincas aledañas, y en la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez.

Un porcentaje mínimo de personas se dedica a cultivar flores, como gladiolas y rosas; otras cultivan hortalizas que venden en la propia comunidad y en la cabecera municipal.

1.3.5. Vías de acceso

Este caserío se ubica a 40 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala, por la ruta nacional 5, asfaltada hasta la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez. De la cabecera municipal se ubica a 10 kilómetros por carretera de terracería transitable en toda época del año.

1.3.6. Servicios públicos

El caserío, Concepción El Pilar II cuenta con los servicios básicos, como son energía eléctrica, agua potable, telefonías móviles, escuela primaria.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

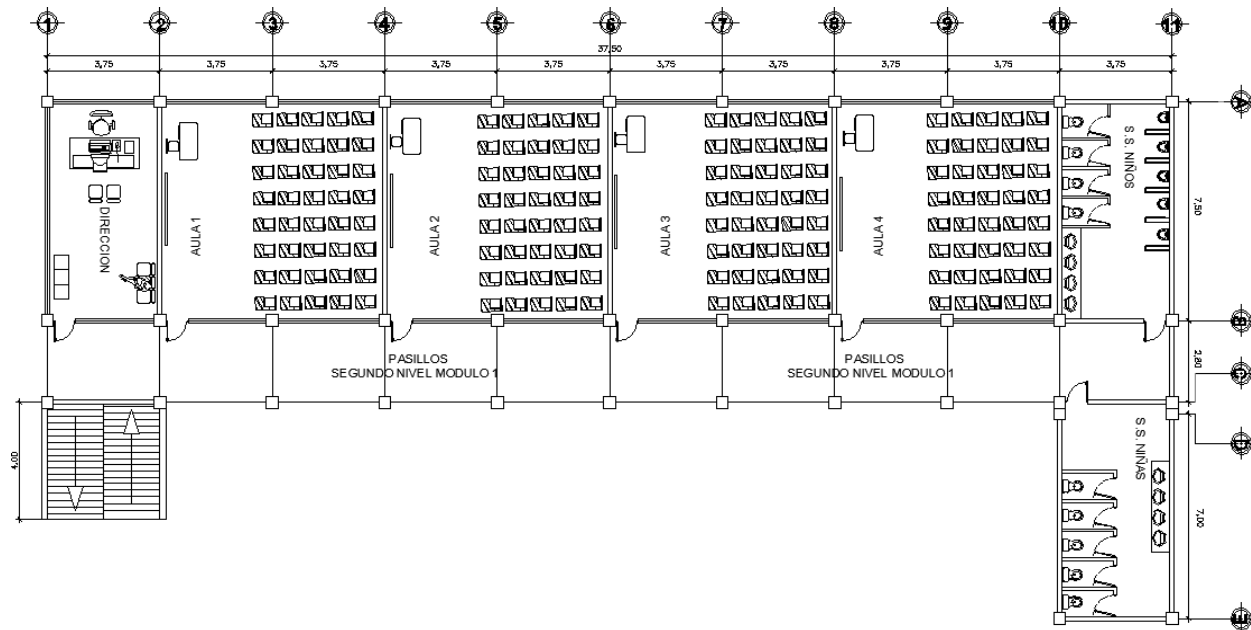
2.1. Proceso de diseño estructural de edificación escolar de dos niveles

El objetivo de este proyecto es brindar la infraestructura mínima necesaria para que el caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca y áreas aledañas satisfagan la demanda educativa del sector, en el nivel primario específicamente.

Se proyecta el diseño de una escuela de dos niveles, que consta de:

- 8 salones de clase, con capacidad de 40 alumnos
- Módulos de servicios sanitarios para hombres y mujeres, en cada nivel
- Sector administrativo, conformada por dirección
- Salón de catedráticos, sala de estar

Figura 4. **Planta esquemática de la escuela Santa Fe Ocaña**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

2.1.1. Descripción general del área disponible para el proyecto

El edificio escolar de dos niveles está contemplado dentro de las instalaciones escolares ya existentes. Estas cuentan con los servicios básicos de agua potable, alcantarillado sanitario, y energía eléctrica.

Las dimensiones del terreno disponible son:

- Largo: 38 metros (m)
- Ancho: 18 metros (m)
- Área 684 metros cuadrado (m²)

2.1.1.1. Planimetría

Para conocer los detalles planimétricos se utilizó el método de la poligonal abierta con radiaciones. Este método permite marcar los linderos y esquinas que definen la forma del polígono. En campo se utilizó el siguiente equipo:

- Estación total NIKON DTM-322
- Prisma

2.1.1.2. Altimetría

Se utilizó el método de la nivelación diferencial para conocer los detalles altimétricos del polígono en el que se diseñará la escuela primaria. El proceso consiste en ubicar puntos en una cuadrícula regular, y en puntos específicos para conocer su altura, para obtener la mejor aproximación del terreno a través de sus curvas de nivel. Se utilizó el siguiente equipo:

- Nivel de precisión SOKKIA
- Estadal

Al analizar los datos de campo, se establece el criterio de elevación como aceptable con base en las normas y recomendaciones de diseño del ministerio de comunicación, infraestructura y vivienda (CIV).

2.1.1.3. Estudio de suelos

El estudio de las características del suelo es una de las primeras actividades que se realizan en el diseño de una edificación. El objetivo es describir las características físicas y mecánicas del suelo portante de la

edificación, en especial la capacidad de carga admisible o valor soporte del suelo. Para determinar esta propiedad mecánica se realizó una perforación con 1,50 metros de profundidad y se extrajo una muestra de un pie cúbico la cual se cubrió con parafina, para luego ser analizada mediante un ensayo de compresión triaxial.

- Descripción de suelo: Arcilla con arena y grava color café oscuro.
- Pesos específico del suelo (corregido): 1,35 ton/m³.
- Angulo de fricción interna (corregido): 15,00 °.
- Cohesión: 5,13 ton/m².
- Desplante: 1,50 m.
- b: 1,00 m.
- L: 1,00 m.
- Factor de Seguridad: (Puede usarse un factor de seguridad de 3 a 5 debido a la variabilidad del suelo y al número reducido de ensayos, se opta por asumir un valor de 3).
- Cálculo del valor soporte del suelo.

El valor soporte del suelo se determina a partir de los resultados obtenidos del ensayo de compresión triaxial; el ángulo de fricción interna fue ajustado por medio de datos proporcionados por el laboratorio de mecánica de suelos del CII-USAC.

Utilizando las ecuaciones presentadas en la teoría de mecánica de suelos la carga última del Dr. Terzaghi y una dimensión inicial de 1,00 metros de base, se procede de la siguiente manera:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \text{ (Cimentación cuadrada)}$$

Donde:

q_u = sobrecarga sobre el terreno adyacente a la cimentación

c = cohesión del terreno

B = ancho transversal de la cimentación

γ = peso específico efectivo (ver tensión efectiva) del terreno

N_q , N_c , N_γ = coeficientes dependientes de ángulo de rozamiento interno

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \rightarrow 10,98$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} \rightarrow 3,94$$

$$N_r = 2(N_q + 1) \tan \phi \rightarrow 2,65$$

$$q_u = 82\,609,37 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{adm} = \frac{82\,609,37}{3} \rightarrow 27\,536,46 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Tabla IV. **Carga admisible según tipo de suelo**

Material de suelo	Ton/m ²	Observaciones
Roca sana	645	----
Roca regular	430	----
Roca intermedia	215	----
Roca agrietada o Porosa	22 – 86	----
Suelos gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32 – 64	Densos
Arena fina	22 – 43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad media

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Mecánica de suelos y cimentaciones P. 193.

De la tabla IV, se obtiene para una tipo de suelo arcilloso de solidez mediana que el valor de carga admisible teórico es:

$$q_{adm} = 22 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

El valor de carga admisible calculado el cual se consideró para el diseño, es mayor al valor teórico de carga admisible.

2.1.2. Criterios de diseño arquitectónico

Los criterios de diseño arquitectónico para la escuela del caserío Santa Fe Ocaña, se ha tomado en consideración la normativa vigente sobre los criterios arquitectónicos mínimos recomendados por el MINEDUC.

2.1.2.1. Altura del edificio

Tomando en consideración lo indicado por el Ministerio de Educación (MINEDUC), las alturas de los niveles quedan de la siguiente manera:

- Primer nivel: altura de piso a cielo 4,20 metros (incluye desplante de cimentación de 1,50 metros).
- Segundo nivel: altura de piso a cielo 2,80 metros.

Datos obtenidos del Normativo para el diseño arquitectónico de centros educativos (MINEDUC) en la sección 1.2 criterios generales.

2.1.3. Criterio del diseño estructural

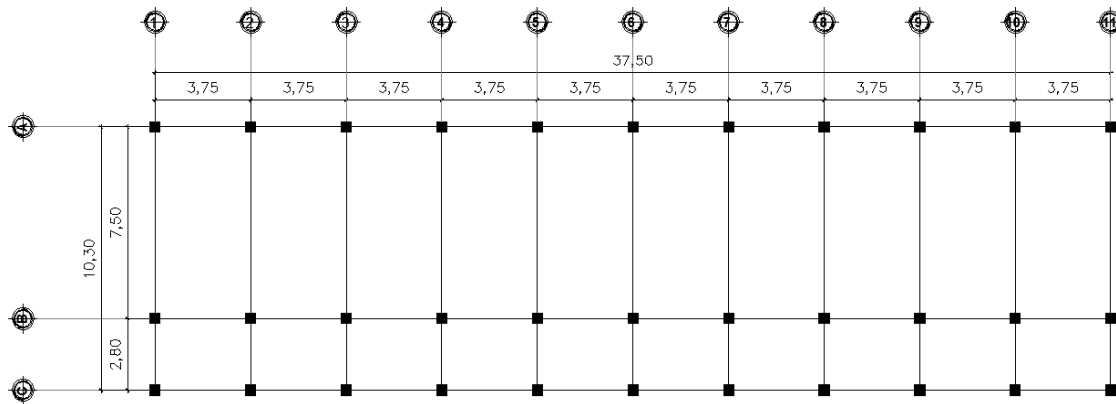
Para la escuela Santa Fe Ocaña, es necesario un sistema estructural que resista de forma efectiva las cargas laterales y gravitacionales impuestas, cuya ductilidad sea ampliamente conocida y pueda lograrse con un buen detallado de miembros estructurales.

Se ha elegido el sistema estructural (E1) de marcos especiales según AGIES 2 010, y su estructuración y detallado sismorresistente corresponde a lo especificado en la edición 2 008 del American Concrete Institute (ACI) específicamente a lo estipulado por el comité 318 en el capítulo 21, en las secciones correspondientes a los miembros estructurales pertenecientes a marcos especiales resistentes a momento (SMRF, las siglas corresponden a su nombre en inglés).

Cabe resaltar que los muros de mampostería no formarán parte del sistema estructural, y sus efectos se consideran únicamente para el análisis sísmico y de gravedad.

En las secciones siguientes se detallará el proceso de diseño para el módulo I de la planta general presentada en la figura 5; siguiendo el procedimiento posterior para las condiciones particulares de los módulos restantes, el diseño se complementa.

Figura 5. **Planta de módulo I, escuela Santa Fe Ocaña**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

2.1.3.1. **Estudio de carga**

Las cargas, o solicitaciones, son la forma en que se conceptualizan las acciones que se presentan en las estructuras relacionadas con: la forma de modelar el fenómeno que las genera; los valores que deben considerarse para el diseño; la manera de determinar sus efectos, y las incertidumbres involucradas en los valores que se emplean en la práctica común.

Las cargas se toman en consideración de acuerdo con los criterios dados en los códigos actuales, los cuales son requisitos mínimos recomendados y debe procurarse su cumplimiento. Sin embargo, debe prevalecer el criterio del diseñador.

La tabla V indica los valores de carga viva y la tabla VI, la carga muerta establecida para el diseño estructural de la escuela Santa Fe Ocaña.

Tabla V. **Carga viva, diseño estructural de la escuela Santa Fe Ocaña**

Elemento	Carga[kg/m ²]
Terraza (sin acceso)	200
Losa en aulas	200
Balcones, pasillos	500
Escaleras [kg/m]	500
Área de sanitarios	200

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos de normas AGIES 2 010.

Tabla VI. **Carga muerta, diseño estructural de la escuela Santa Fe Ocaña**

Elemento	Carga[kg/m ²]
Concreto reforzado [kg/m ³]	2,400
Mampostería reforzada (t = 0,15 m)	250
Repellos y cernidos	25
Relleno	25
Sobrecarga	35

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos de normas AGIES 2 010.

2.1.3.2. Predimensionamiento

Predimensionar la estructura es dar medidas preliminares a los elementos que la componen, que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para esto se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos que se describen a continuación.

- Predimensionamiento losa

El método usa como variable las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene. En este caso, todas las losas están apoyadas en los cuatro lados, aunque se tienen cuatro medida de losa, por tanto se toma la crítica y el peralte resultante se usa en ambas. Ver figura 5.

Tabla VII. **Predimensionamiento de losa**

Losa	a	b	m = a/b	t = perímetro / 180	Espesor (cm)
1	3,75	7,50	0,50 (Dos sentidos)	0,125 m	12
2	2,8	3,75	0,75 (Dos sentidos)	0,0072 m	12

Fuente: elaboración propia.

$$t : \text{Losa} = (\text{perímetro de la losa}) / 180$$

$$\text{Losa} = ((7,50 \times 2) + (3,75 \times 2)) / 180 = 0,125. \text{ Usamos } 0,12$$

t = 0,12 metros (Utilizamos este valor para toda la losa, para un mejor comportamiento del diafragma)

- Predimensionamiento de vigas

Para predimensionar vigas, el método utilizado determina el peralte o altura de la viga, ésta depende de la luz que cubra la viga. La base de la viga queda a criterio del diseñador, se usa aquí el ancho de la columna. En este caso solo se calcula la viga crítica, es decir, la de mayor longitud, las demás quedan con igual sección.

Según código ACI 318-08, el espesor mínimo de vigas no pretensadas con un extremo continuó es L/24, donde L es la luz máxima.

Ahora bien se tomará el criterio de ocho centímetros de peralte por cada metro de luz, es decir $a = 0,08 \times 7.5 = 0,60$ metros.

Se propone una base de viga de $b = a/2 = 0,60/2 = 0,30$ m.

- Predimensionamiento de columnas

El método que se utiliza para predimensionar las columnas y determinar la sección, se basa en la carga aplicada a esta. En este caso, se desea guardar simetría en la dimensiones de la columna, por tal razón se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás.

$$\text{Ecuación: } P = 0,8[0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]; \quad 1\% < A_s < 6\%A_g$$

Fuente: El American Concrete Institute (ACI), en la sección 10.3.6.2. Del ACI 318S-08.

Donde:

P: carga axial total que llega a la columna

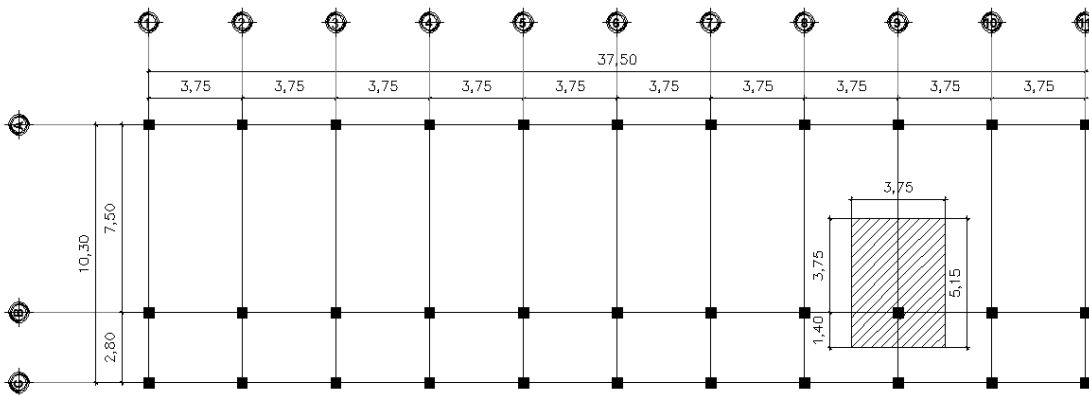
f'_c : 280 kg/cm² (Esfuerzo de compresión)

A_g : área gruesa

f_y : 4 200 kg/cm² (Esfuerzo de fluencia)

$A_{st} = \rho A_g$; ρ (según ACI 318-08 $1\% < A_s < 6\%$)

Figura 6. **Área tributaria para la columna crítica B9, módulo I**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

Solución:

P = peso segundo nivel + peso primer nivel (tomado del área tributaria y espesor de losa de 0,12 m), apoyándonos de la figura 6.

A continuación, se muestra la integración de cargas vivas y muertas que llegan a la columna B9. Indicada en la figura 6.

Tabla VIII. **Carga axial muerta, sobre columna B9, módulo I, primer nivel**

PESO DEL PRIMER NIVEL				
Elemento	Peso [kg/m ²]	Área [m ²]	Longitud [m]	Carga axial [kg]
Repello y cernido	25	37,07	...	926,65
Relleno	25	19,31	...	482,75
Sobrecarga	35	19,31	...	675,85
muros	180	10,50	...	1890,00
Losa (t=0,12)	288	19,31	...	5 561,28
vigas (30x60cm)	432 [kg/m]	...	8,90	3 844,80
columna (40x40)	384 [kg/m]	...	4,20	1 612,80
TOTAL				14 994,13

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Carga axial muerta, sobre columna B9, módulo I, segundo nivel**

PESO DE SEGUNDO NIVEL				
Elemento	Peso [kg/m]	Área [m²]	Longitud [m]	Carga axial [kg]
Repello y cernido	25	34,83	...	870,65
Relleno	25	19,31	...	482,75
Sobrecarga	35	19,31	...	675,85
Losa (t=0,12)	288	19,31	...	5 561,28
vigas (30x60cm)	432[kg/m]	...	8,9	3844,8
columna (40x40)	384 [kg/m]	...	2,8	1 075,20
TOTAL				12 510,53

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Carga axial viva sobre columna B9, módulo I**

PESO CARGA VIVA			
	carga [kg/m²]	Área [m²]	peso [kg]
losa 1 nivel(aulas)	200	14,06	2 812
losa 1 nivel(pasillos)	500	5,25	2 625
losa segundo nivel	100	19,31	1 931
TOTAL			7 368

Fuente: elaboración propia.

Aplicando la combinación de carga:

$$C_u = 1,6C_V + 1,4C_M$$

Donde:

Cu = combinación de carga

CV = carga viva

CM = carga muerta

La carga axial es:

$$P_T = 50\,295,32 \text{ Kg}$$

Utilizando la ecuación:

$$p = 0,8 \times [0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Fuente: El American Concrete Institute (ACI), en la sección 10.3.6.2. Del ACI 318S-08.

Donde:

P = carga axial

f'_c = resistencia a compresión del concreto

f_y = resistencia a fluencia del acero

A_g = área gruesa

A_{st} = área de acero de refuerzo a tracción o compresión

$$50\,295,32 \text{ Kg} = 0,8 [0,85 ((280) (A_g - 0,01A_g)) + (2\,810 \times 0,01 \times A_g)]$$

$$A_g = 226,46 \text{ cm}^2 \quad B \rightarrow 15,05 \text{ cm}$$

El código y reglamento que rige el presente diseño estructural es el aprobado por comité 318 del American Concrete Institute (ACI) en la edición

vigente al 2 008, y la dimensión mínima exigida por el reglamento en la sección 21.6.1.1 de dicho código es 900 centímetros cuadrados.

Considerando lo anterior, y resaltando principalmente el carácter iterativo del diseño de los elementos de concreto reforzado, se elige una columna cuadrada de 40 centímetros.

Según ACI 318-08 sección mínima $30 \times 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$

Según AGIES sección mínima para marcos especiales $30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$

Por seguridad se propone una columna de $40 \times 40 \text{ cm} = 1\,600 \text{ cm}^2$

2.1.4. Análisis de carga por AGIES 2 010

La carga viva se considera como un aporte importante y variable en la fuerza inercial que es inducida por las ondas sísmicas en la estructura. Los valores adoptados en este proyecto específico y su fundamento fueron indicados en la tabla XI tomado de las normas AGIES 2 010. La carga muerta corresponde al peso de los elementos estructurales y no estructurales.

Tabla XI. **Cargas vivas AGIES 2 010, utilizadas para el diseño de la escuela Santa Fe Ocaña**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Instalaciones deportivas públicas		
Zonas de circulación	500	
Zonas de asientos	400	
Zonas sin asientos	800	
Canchas deportivas	ver nota ^(a)	
Almacenes		
Minoristas	500	800
Mayoristas	600	1,200
Bodegas		
Cargas livianas	600	800
Cargas pesadas	1,200	1,200
Fábricas		
Industrias livianas	500	800
Industrias pesadas	1,000	1,200
Cubiertas pesadas (inciso 3.3 (f))		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 ^(b)	
Cubiertas usadas para jardín o para reuniones	500	
Cubiertas livianas (inciso 3.3 (g))		
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 ^(b)	

Fuente: Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala, capítulo 2. AGIES 2 010.

Continuación de tabla XI.

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Vivienda		
Balcones	500	
Habitaciones y pasillos	200	
Escaleras	300	
Oficina		
Pasillos y escaleras	300	
Oficinas	250	800
Áreas de cafetería	500	
Hospitales		
Pasillos	500	450
Clínicas y encamamiento	250	
Servicios médicos y laboratorio	350	800
Farmacia	500	
Escaleras	500	
Cafetería y cocina	500	
Hoteles		
Habitaciones	200	450
Servicios y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de Lectura de Biblioteca	200	400
Área de estanterías de Biblioteca	700	800
Reunión		
Escaleras privadas	300	Ver 3.3(d)
Escaleras públicas	500	Ver 3.3(d)
Balcones	500	
Vestíbulos públicos	500	
Plazas a nivel de la calle	500	800
Salones con asiento fijo	300	
Salones sin asiento fijo	500	800
Escenarios y circulaciones	500	
Garajes		
Garajes para automóviles de pasajeros	250	Ver 3.3(c)
Garajes para vehículos de carga (2,000 Kg)	500	Ver 3.3(c)
Rampas de uso colectivo	750	Ver 3.3(c)
Corredores de circulación	500	Ver 3.3(c)
Servicio y reparación	500	Ver 3.3(c)

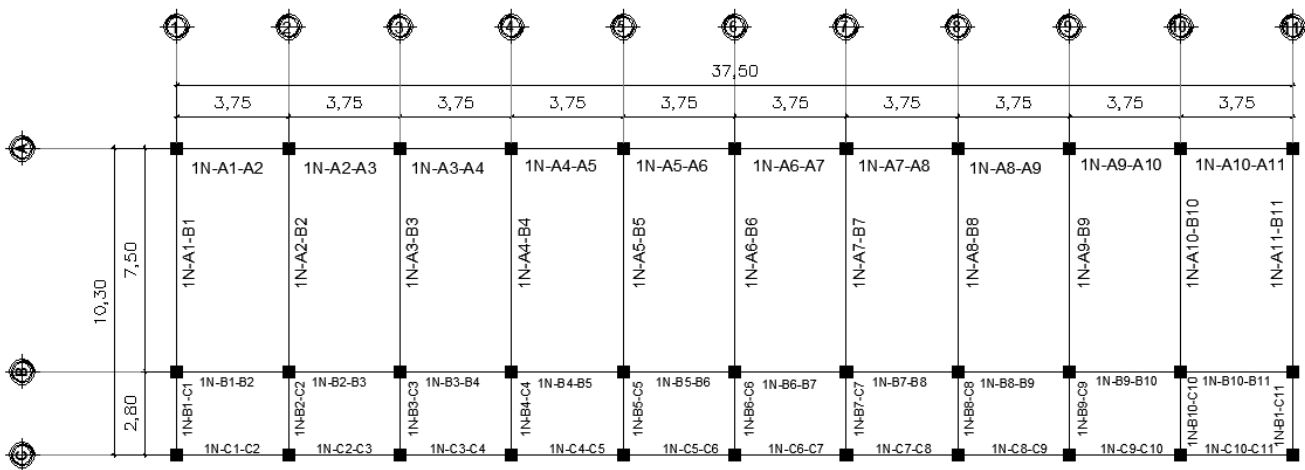
Fuente: Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala, capítulo 2. AGIES 2 010.

2.1.5. Integración de carga gravitacional

La carga gravitacional y su debida integración a los elementos resistentes de la estructura. A continuación se presentan tablas de resumen de los resultados obtenidos, ver tabla XII y tabla XIII.

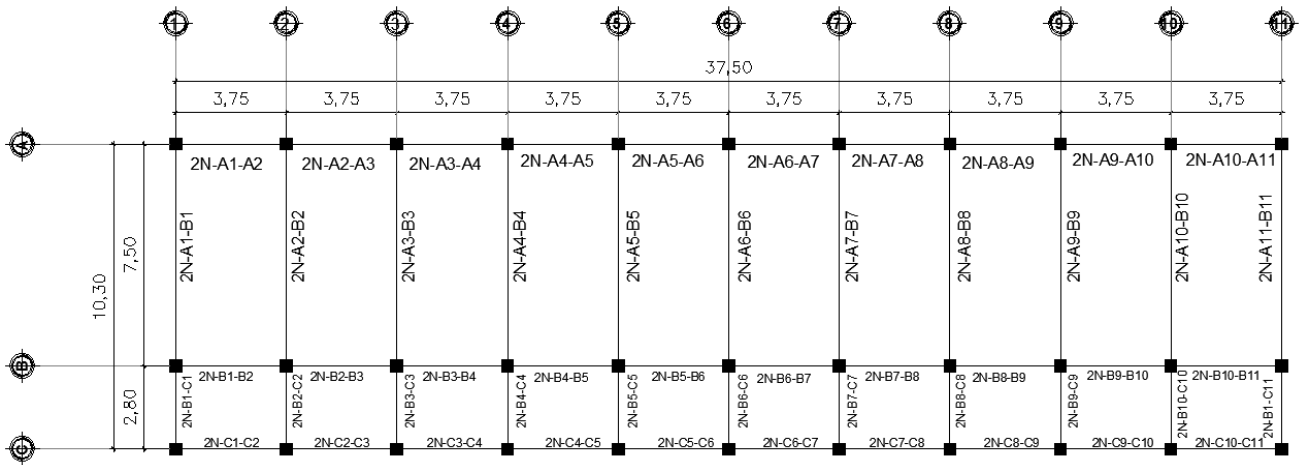
Para comprender mejor dichas tablas, se han identificado las vigas con una nomenclatura especial que se indica en la figura 7 y 8.

Figura 7. **Nomenclatura de vigas, módulo I, 1 nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

Figura 8. Nomenclatura de vigas, módulo I, 2 nivel



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

Tabla XII. Integración de cargas para vigas del nivel 2

Integración carga gravitacional nivel 2				
Viga	Área tributaria [m²]	Longitud [m]	Carga muerta [kg/m]	Carga viva [kg/m]
2N-A1-A2	3,52	3,75	819,16	93,87
2N-A2-A3	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A3-A4	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A4-A5	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A5-A6	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A6-A7	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A7-A8	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A8-A9	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A9-A10	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A10-A11	3,52	3,75	819,62	93,87
2N-A1-B2	10,55	7,50	994,19	140,67
2N-A2-B3	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A3-B3	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A4-B4	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A5-B5	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A6-B6	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A7-B7	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A8-B8	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A9-B9	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A10-B10	21,09	7,50	1 518,38	281,20
2N-A11-B11	10,55	7,50	994,19	140,67
2N-B1-B2	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B2-B3	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B3-B4	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B4-B5	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B5-B6	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B6-B7	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B7-B8	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B8-B9	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B9-B10	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B10-B11	6,81	3,75	1 146,87	181,60
2N-B1-C1	1,96	2,80	730,60	70,00
2N-B2-C2	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B3-C3	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B4-C4	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B5-C5	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B6-C6	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B7-C7	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B8-C8	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B9-C9	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B10-C10	3,92	2,80	991,70	140,00
2N-B11-C11	1,96	2,80	730,60	70,00
2N-C1-C2	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C2-C3	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C3-C4	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C4-C5	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C5-C6	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C6-C7	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C7-B8	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C8-B9	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C9-B10	3,29	3,75	796,75	87,73
2N-C10-B11	3,29	3,75	796,75	87,73

Fuente: elaboración propia

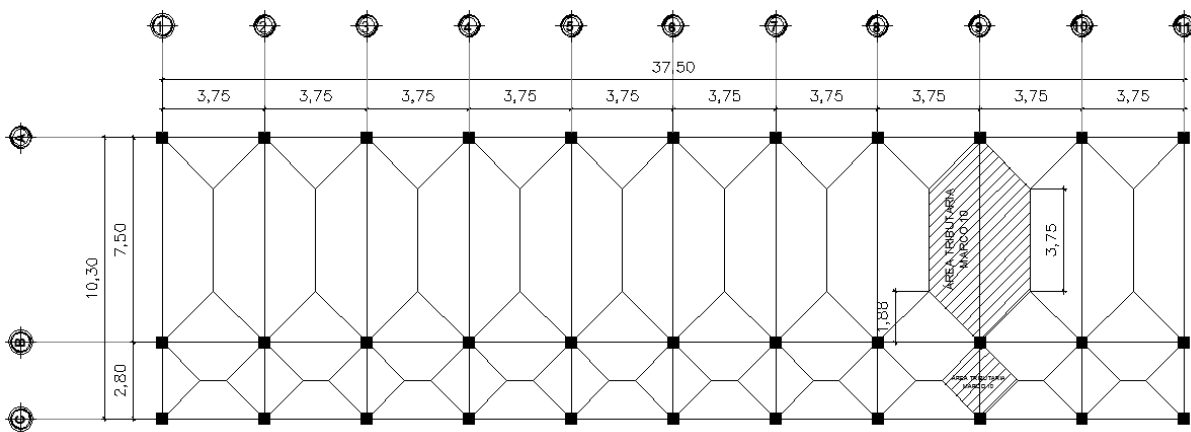
Tabla XIII. Integración de cargas para vigas del nivel 1

Integración carga gravitacional nivel 1					
Viga	Área tributaria [m²]		Longitud [m]	Carga muerta [kg/m]	Carga viva [kg/m]
	Aula	Pasillo			
1N-A1-A2	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A2-A3	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A3-A4	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A4-A5	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A5-A6	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A6-A7	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A7-A8	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A8-A9	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A9-A10	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A10-A11	3,52	...	3,75	1 215,56	187,73
1N-A1-B1	10,55	...	7,50	1 378,42	281,33
1N-A2-B2	21,09	...	7,50	1 867,47	562,40
1N-A3-B3	21,09	...	7,50	1 448,07	562,40
1N-A4-B4	21,09	...	7,50	1 867,47	562,40
1N-A5-B5	21,09	...	7,50	1 448,07	562,40
1N-A6-B6	21,09	...	7,50	1 867,47	562,40
1N-A7-B7	21,09	...	7,50	1 448,07	562,40
1N-A8-B8	21,09	...	7,50	1 867,47	562,40
1N-A9-B9	21,09	...	7,50	1 448,07	562,40
1N-A10-B10	21,09	...	7,50	1 867,47	562,40
1N-A11-B11	10,55	...	7,50	1 378,42	281,33
1N-B1-B2	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B2-B3	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B3-B4	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B4-B5	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B5-B6	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B6-B7	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B7-B8	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B8-B9	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B9-B10	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B10-B11	3,52	3,29	3,75	1 520,86	626,40
1N-B1-C1	...	1,96	2,80	713,10	350,00
1N-B2-C2	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B3-C3	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B4-C4	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B5-C5	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B6-C6	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B7-C7	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B8-C8	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B9-C9	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B10-C10	...	3,92	2,80	956,70	700,00
1N-B11-C11	...	1,96	2,80	713,10	350,00
1N-C1-C2	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C2-C3	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C3-C4	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C4-C5	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C5-C6	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C6-C7	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C7-B8	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C8-B9	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C9-B10	...	3,29	3,75	774,81	438,67
1N-C10-B11	...	3,29	3,75	774,81	438,67

Fuente: elaboración propia.

Para indicar el proceso de cálculo, se detallará el procedimiento de integración de cargas para el marco del eje 9.

Figura 9. Áreas tributarias para marco 9



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

- Marco 9, nivel 2

De la figura 9 se obtiene el área tributaria de las vigas del marco 9. Las cargas vivas aplicadas y cargas muertas, están indicados en la tabla XII y tabla XIII.

- Viga 2N-A9-B9

- Carga muerta (D):

$$D = (W_{\text{losa}}) (A_{\text{tributaria}}) / (L_{\text{viga}})$$

$$D = (539,96 \text{ kg/m}^2) (21,09 \text{ m}^2) / (7,50 \text{ m})$$

$$D = 1\,518,38 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (L):

$$L = (W_{CV})(A_{tributaria}) / (L_{viga})$$

$$L = (100 \text{ kg/m}^2)(21,09 \text{ m}^2) / (7,50 \text{ m})$$

$$L = 281,20 \text{ kg/m}$$

- Viga 2N-B9-C9

- Carga muerta (D):

$$D = (W_{losa}) (A_{tributaria}) / (L_{viga})$$

$$D = (708,36 \text{ kg/m}^2) (3,92 \text{ m}^2) / (2,80 \text{ m})$$

$$D = 991,70 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (L):

$$L = (W_{CV}) (A_{tributaria}) / (L_{viga})$$

$$L = (100 \text{ kg/m}^2)(3,92 \text{ m}^2) / (2,80 \text{ m})$$

$$L = 140 \text{ kg/m}$$

- Marco 9 nivel 1

De la figura 9 se obtiene el área tributaria de las vigas del marco 9. Las cargas vivas aplicadas y cargas muertas, están indicados en la tabla XII y tabla XIII.

- Viga 1N-A9-B9

- Carga muerta (D):

$$D = (W_{\text{losa}}) (A_{\text{tributaria}}) / (L_{\text{viga}})$$

$$D = (514,96 \text{ kg/m}^2)(21,09 \text{ m}^2) / (7,50 \text{ m})$$

$$D = 1\,448,07 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (L):

$$L = (W_{\text{CV}}) (A_{\text{tributaria}}) / (L_{\text{viga}})$$

$$L = (200 \text{ kg/m}^2)(21,09 \text{ m}^2) / (7,50 \text{ m})$$

$$L = 562,40 \text{ kg/m}$$

- Viga 1N-B9-C9

- Carga muerta (D):

$$D = (W_{\text{losa}}) (A_{\text{tributaria}}) / (L_{\text{viga}})$$

$$D = (683,35 \text{ kg/m}^2) (3,92 \text{ m}^2) / (2,80 \text{ m})$$

$$D = 956,70 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (L):

$$L = (W_{\text{CV}}) (A_{\text{tributaria}}) / (L_{\text{viga}})$$

$$L = (500 \text{ kg/m}^2)(3,92 \text{ m}^2) / (2,80 \text{ m})$$

$$L = 700 \text{ kg/m}$$

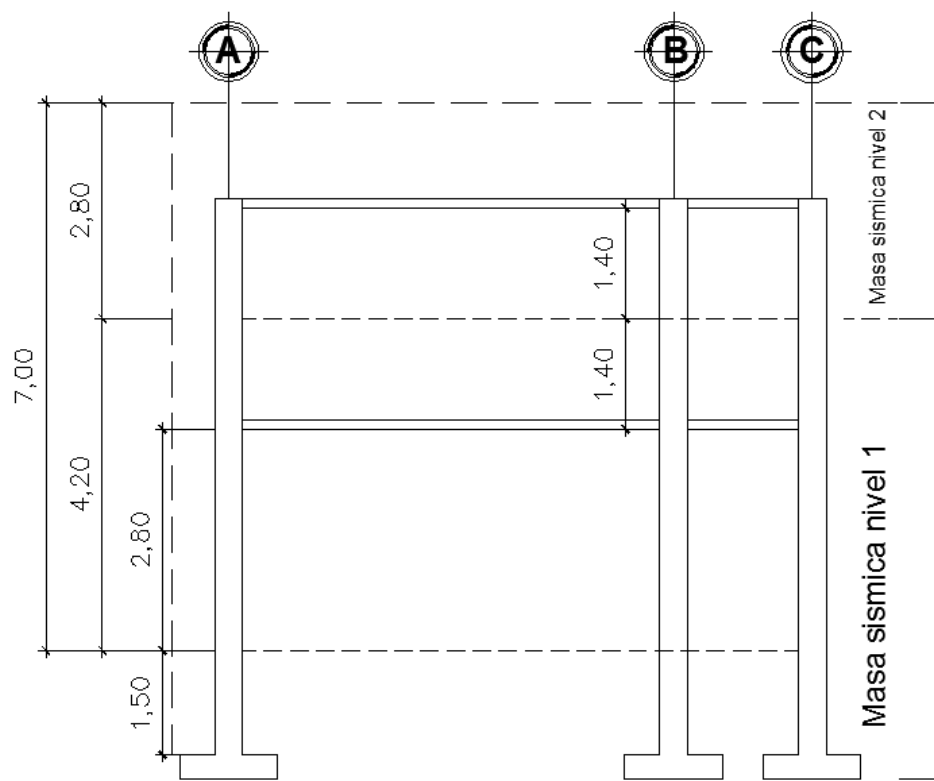
2.1.6. Integración de carga horizontal

El análisis de la carga sísmica se realiza de acuerdo con lo establecido en la aplicación del método de la fuerza horizontal equivalente que indica el AGIES.

2.1.6.1. Masa (peso) sísmica

El criterio para la consideración de los pesos por nivel o teoría de medios niveles (estático equivalente) utilizados en los procedimientos posteriores se ilustra en la figura 10.

Figura 10. Consideración de la masa sísmica por nivel



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

Las alturas de los elementos verticales se han considerado como sigue:

- Altura de elementos verticales en nivel 2 = 2,80 metros
- Altura de elementos verticales en nivel 1 = 4,20 metros

Se ha considerado la luz libre de los elementos verticales únicamente.
Ver figura 10.

2.1.6.1.1. Carga muerta

Como se ha establecido, la carga muerta sísmica se calcula como el peso de los elementos estructurales, mostrados en la tabla siguiente.

Tabla XIV. **Peso sísmico carga muerta total de nivel 2 y 1**

Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad	Peso [kg]
Viga	369,4	kg/m	226,40	83 632,16
Columna	1 187,2	kg/col	33,00	39 177,60
Losa	348,00	kg/m ²	386,25	134 415,00
Muro	504,00	kg/m	127,50	64 260,00
peso muerto total nivel 2 [kg]				321 484,76
peso muerto total nivel 2 [ton]				321,48
Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad	Peso [kg]
Viga	369,40	kg/m	226,40	83 632,16
Columna	1 780,80	kg/col	33,00	58 766,40
Losa	348,00	kg/m ²	386,25	134 415,00
Muro	0	kg/m	0	0
peso muerto total nivel 1 [kg]				276 813,56
peso muerto total nivel 1 [ton]				276,81

Fuente: elaboración propia.

Nota: en el peso unitario de los elementos estructurales de la edificación se integró toda carga muerta indicada en la tabla VI. Como se muestra en el ejemplo 1.

Ejemplo 1:

COLUMNA SEGUNDO NIVEL		PESO UNITARIO [kg/col]
Concreto	(0,4 x 0,4 x 2,8 x 2 400)	1,075,20
Acabados	(0,4 x 4 x 2,8 x 25)	112,00
	Total	1 187,20

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.1.2. Carga viva

Si, La carga viva promedio actuante sobre un nivel específico sobrepasa 480 kilogramos sobre metro cuadrado se tome el 100 por ciento del aporte de dicha carga en el peso sísmico de la estructura.

Tabla XV. **Peso sísmico carga viva total nivel 2 y 1**

Carga viva promedio [kg/m²]				100
Factor de participación de dicha carga			25%	
Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad	Peso
Losa	25	kg/m²	402,53	10 063,25
Peso vivo total nivel 2 [kg]				10 063,25
Peso vivo total nivel 2 [ton]				10,06
Carga viva promedio [kg/m²]				350
Factor de participación de dicha carga			25%	
Elemento	Peso unitario	Unidad	Cantidad	Peso
Losa	87,50	kg/m²	402,53	35 221,36
Peso vivo total nivel 1 [kg]				35 221,36
Peso vivo total nivel 1 [ton]				35,22

Fuente: elaboración propia.

Integrado las cargas muertas y vivas totales para nivel 2 y 1 respectivamente se puede calcular el peso total sísmico de la estructura, mostrada en la siguiente tabla.

Tabla XVI. **Peso total sísmico por nivel**

Peso sísmico total			
Nivel	Carga muerta total [kg]	Carga viva total [kg]	Peso total
Nivel 2	321 484,76	10 063,25	331 548,01
Nivel 1	276 813,56	35 221,38	312 034,94
Peso sísmico total [kg]	598 298,32	45 284,63	643 582,95
Peso sísmico total [ton]	598,3	45,28	643,58

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2. Periodo fundamental de vibración

Cada estructura posee un único período natural o fundamental de vibración, el cual es el tiempo requerido para completar un ciclo de vibración libre. La rigidez, la altura de la estructura son factores que determinan o influyen en el período fundamental, y este puede variar desde 0,1 segundos, para estructuras simples, hasta varios segundos para estructuras de varios niveles.

El valor del período fundamental de la edificación debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica en la dirección a considerar; este requisito se puede satisfacer siguiendo los métodos presentados por el código de AGIES, el período fundamental de vibración por el método de AGIES está dado por:

Para todas las edificaciones el valor de T puede aproximarse mediante la expresión:

$$T = K_t \times h_n^x$$

Donde:

h_n = altura [m] medida desde la base, al piso más alto.

$K_t = 0,049$ $x = 0,75$ para sistemas estructurales E2, E3, E4 o E5.

$K_t = 0,047$ $x = 0,90$ para marcos de concreto armado resistentes a momentos y estructuras arriostradas excéntricamente.

$$T = 0,047 \times (7,00 \text{ m})^{0,90}$$

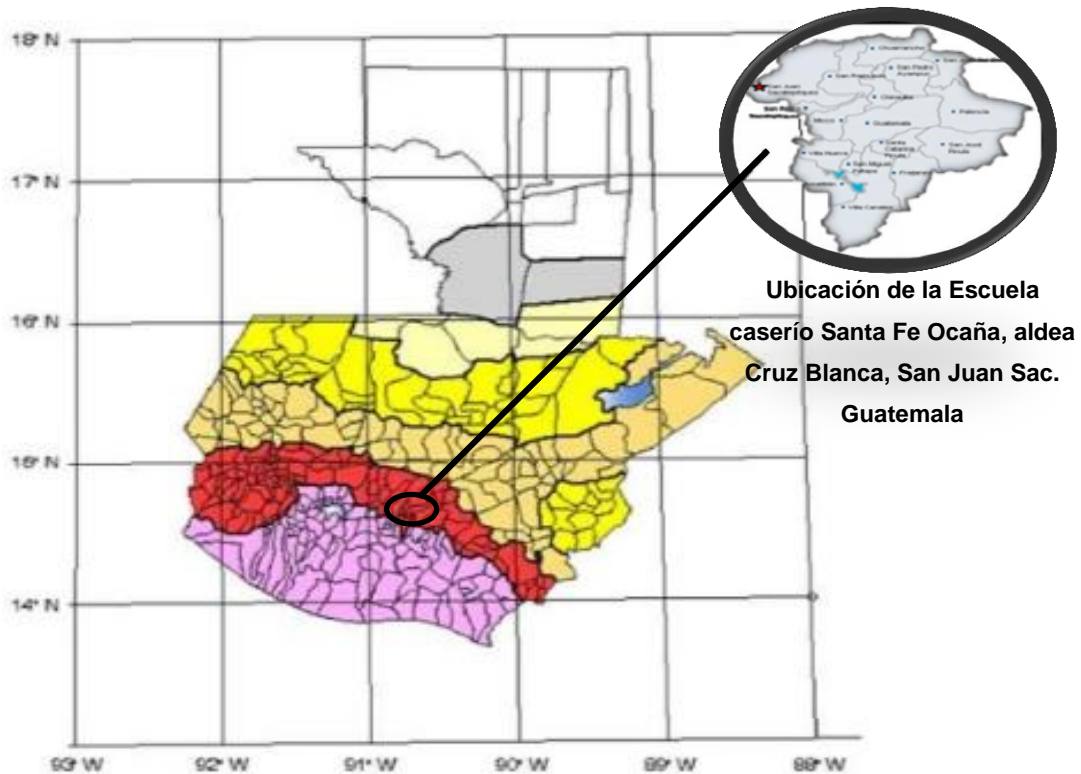
$$T = 0,2708 \text{ s}$$

2.1.6.3. Coeficiente sísmico

Para un país altamente sísmico como Guatemala, se recomienda diseñar para sismos con magnitudes de entre 4 y 5 grados en la escala de Richter, considerando profundidades del hipocentro menores a 40 kilómetros.

Cuando no se tiene alcance a un estudio geotécnico riguroso, se debe considerar el peor de los escenarios de respuesta del suelo, por lo que se recomienda que se utilicen perfiles de suelo tipo D o E, de manera general en todo el territorio nacional.

Figura 11. **Zonificación sísmica de Guatemala**



Fuente: Normas Estructurales de diseño recomendadas para la república de Guatemala, AGIES
NR-2: 2 010. Figura 4-1.

El coeficiente de respuesta sísmica está dado por el método de AGIES como:

$$C_s = S_a(T) / R$$

Donde:

C_s = coeficiente de sismicidad.

$S_a(T)$ = es la demanda sísmica de diseño para una estructura con periodo T obtenida del espectro de diseño sísmico establecido por el sitio.

R = es el factor de reducción que se obtiene en base al sistema estructural utilizado.

Tabla XVII. **Resumen de coeficientes de análisis sísmico del AGIES 2 010**

Coeficiente	Valor	Significado	Referencia AGIES
io	4	Índice de sismicidad	Norma 2-10 4.2
Scr	1,5	Factores de aceleración	Norma 2-10 4.33
S1r	0,55		
Clase de obra	D	Importante	Norma 2-10 tabla 4-1
Ta	0,2708	Periodo de vibración	Norma 2-10
Scs	1,5	Ajustes por clase de sitio	Norma 2-10, 4.3.3.2
S1s	0,825		
Fa	1	Coeficientes de sitio	Norma 2-10, 4.3.3.5
Fv	1,5		
Ts	0,55	Periodo de transición	Norma 2-10, 4.3.3.4
Scd	1,2	Factores de escala	Norma 2-10, 4.3.4.2
S1d	0,66		
kd	0,8	Nivel de diseño	Norma 2-10, 4.3.4.1

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.4. Método estático: carga horizontal equivalente

El peso de estructura se conoce de la sección 2.1.6.1.2, y se encuentra en la tabla XVI. El cortante basal V_b calculado se resume de la siguiente manera:

$$V_b = C_s W$$

Donde:

C_s = coeficiente de respuesta sísmica

W = peso sísmico de la estructura (masa sísmica)

2.1.6.4.1. Coeficiente de respuesta sísmica

El coeficiente de respuesta sísmica se calcula por el método descrito en la sección 2.1.6.3 de este documento, y los resultados obtenidos se muestran a continuación:

$$C_s = S_a(T) / R$$

$$C_s = (1,2) / (8) \rightarrow 0,15$$

$$C_s = 15,00 \%$$

Considerando los resultados anteriores, resumidos en la tabla XVII, el corte basal utilizado para el diseño sísmo resistente, está definido como:

$$V_b = C_s W$$

$$V_b = (0,15)(643\,582,95 \text{ kg})$$

$$V_b = 96\,537,44 \text{ Kg} \rightarrow 96,5 \text{ Ton}$$

2.1.6.4.2. Fuerza de tope de piso

Para compensar la simplificación del método de la carga estática equivalente, en los modos altos de vibración, se da la fuerza de tope de piso para incrementar los efectos de la carga lateral estática. Se define de la siguiente manera:

$$F_t = 0,07 \times T \times V_b; \quad F_t = 0 \text{ si } \rightarrow T \leq 0,7 \text{ s}, \quad F_t \leq 0,25 V_b$$

Como se estableció en la sección 2.1.6.2, el período fundamental de vibración es $= 0,2708 < 0,70$ segundos, por lo que: $F_t = 0,00$ kilogramos.

2.1.6.4.3. Distribución de cortante basal

La fuerza cortante basal, considerando la forma modal fundamental de vibración, se reparte proporcionalmente a la masa de cada nivel. De manera análoga, el cortante de un nivel X, se define como:

$$V_x = F_x + \sum F_{x-1}; \quad F_x = \text{fuerza del nivel X}$$

$$F_x = \text{fuerza del nivel anterior a X}$$

La tabla siguiente resume el procedimiento para distribuir verticalmente la fuerza sísmica, tomando valores de la sección 2.1.6.1, específicamente descritos en la tabla XII, se tiene:

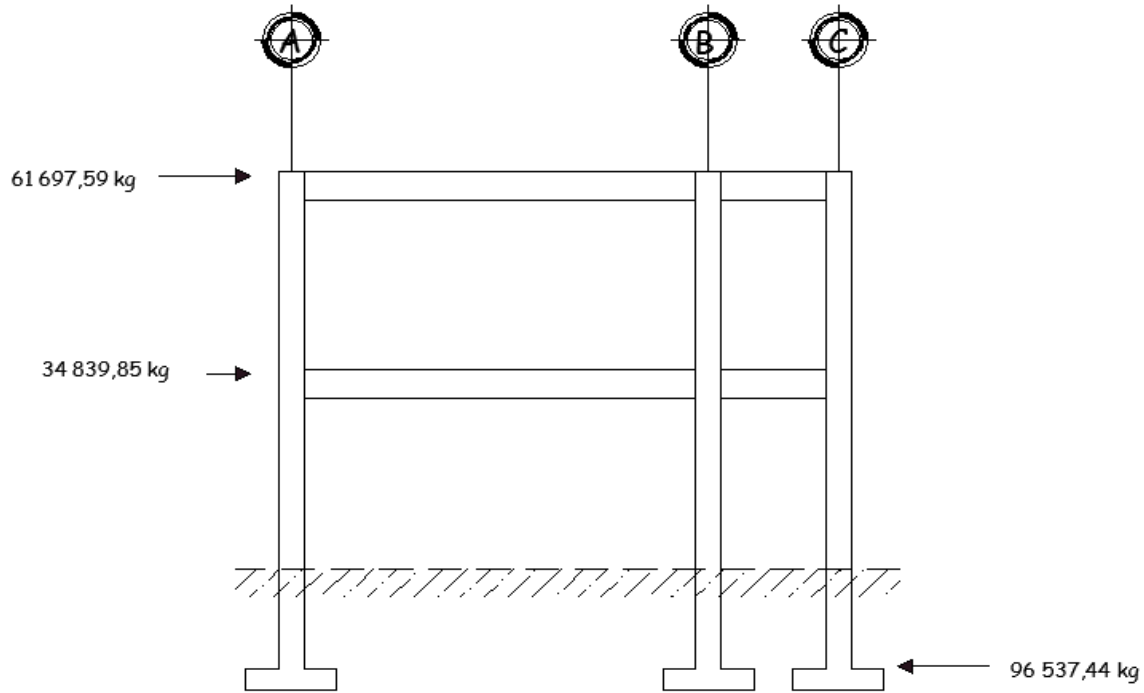
Tabla XVIII. Distribución vertical del corte basal

Nivel	Altura h_x [m]	Peso w_x [kg]	$(w_x)(h_x)$ [kg-m]	Fuerza de piso F_x [kg]	Cortante de piso V_x [kg]
Nivel 2	7,00	331 548,01	2 320 836,07	61 697,59	61 697,59
Nivel 1	4,20	312 034,94	1 310 546,73	34 839,85	96 537,44
Sumatoria		643 582,95	3 631 382,80	96 537,44	...

Fuente: elaboración propia.

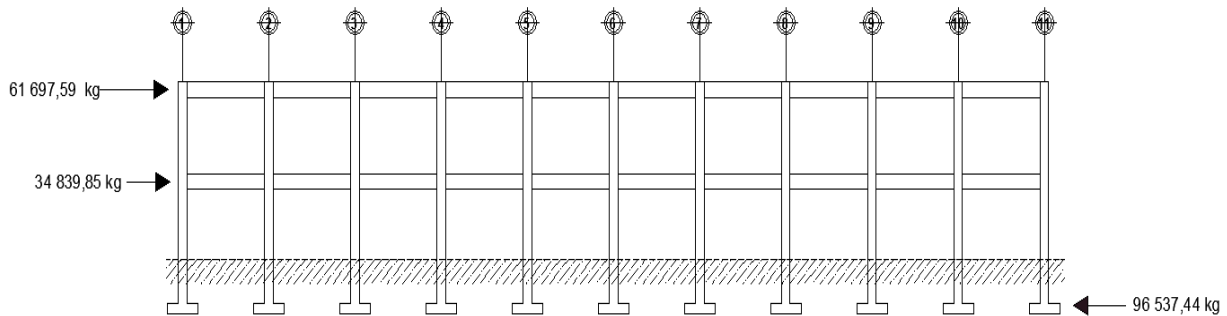
La figura 12 muestra la idealización de la distribución lineal del primer modo de vibración considerado en el método de la carga estática equivalente mediante los requisitos del normativo AGIES 2 010.

Figura 12. **Idealización del corte basal eje transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

Figura 13. **Idealización corte basal eje longitudinal**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCad 2 014.

2.1.6.5. Torsión

Debe revisarse la estructura para la acción de dos componentes horizontales ortogonales del movimiento del terreno. Se considerará actuando simultáneamente el valor de diseño de un componente más 30 por ciento del valor de diseño del componente ortogonal. Se acostumbra considerar que la acción sísmica se ejerce en forma independiente en cada dirección, o sea, el efecto de la acción sísmica de diseño en una de las direcciones principales de la estructura, considerando que las fuerzas sísmicas son nulas en cualquier otra dirección.

2.1.6.5.1. Cálculo del centro de masa

Existen varias formas de aproximar el centro de masas de un nivel determinado. Para este diseño, se simplificará el procedimiento según los ejes, calculando los pesos de los elementos involucrados, y dando un peso total por eje. Además, se agrega la carga viva asignada en el nivel de análisis. Este procedimiento se muestra en las tablas siguientes.

Tabla XIX. **Peso ejes en sentido x, segundo nivel, módulo I**

Peso de ejes en sentido x, nivel 2									
Eje	Vigas		Losa		Muros		Carga viva		Total de peso por eje
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	369,40	kg/m	348,00	kg/m2	0	kg/m	100	kg/m²	
	cantidad		cantidad		cantidad		cantidad		
A	37,50		...		30		...		13 852,50
B	37,50		...		30		...		13 852,50
C	37,50		...		...		...		13 852,50
Losa	...		386,25		...		...		134 415,00
Cv	...		...		...		386,25		38 625,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Peso ejes en sentido Y, segundo nivel, módulo I**

Eje	Vigas		Columna		Muros		Total de peso por eje
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	369,40	kg/m	1187,20	kg/col	0	kg/m	
	cantidad		cantidad		cantidad		
1	10,30		3		7,50		7 366,42
2	10,30		3		7,50		7 366,42
3	10,30		3		0		7 366,42
4	10,30		3		7,50		7 366,42
5	10,30		3		0		7 366,42
6	10,30		3		7,50		7 366,42
7	10,30		3		0		7 366,42
8	10,30		3		7,50		7 366,42
9	10,30		3		0		7 366,42
10	10,30		3		7,50		7 366,42
11	10,30		3		7,50		7 366,42

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI, **Peso ejes en sentido x, primer nivel, módulo I**

peso de ejes en sentido x, nivel 1											
Eje	Vigas		Losa		Muros		Carga viva aulas		Carga viva pasillo		Total de peso por eje
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	369,40	kg/m	348	kg/m²	504	kg/m	200	kg/m²	500	kg/m	
	Cantidad		Cantidad		Cantidad		Cantidad		Cantidad		
A	37,5		...		37,5		...		...		32 752,50
B	37,5		...		37,5		...		...		32 752,50
C	37,5		...		...		...		...		13 852,50
Losa	...		386,25		...		...		...		134 415,00
Cv aula	...		...		...		281,25				56 250,00
Cv pasillos	...		...		...		...		105		52 500,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Peso ejes en sentido y, primer nivel, módulo I**

Eje	Vigas		Columna		Muros		Total de peso por eje
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	
	369,40	kg/m	1780,80	kg/col	504	kg/m	
	Cantidad		Cantidad		Cantidad		
1	10,30		3		7,50		12 927,22
2	10,30		3		7,50		12 927,22
3	10,30		3		0		9 147,22
4	10,30		3		7,50		12 927,22
5	10,30		3		0		9 147,22
6	10,30		3		7,50		12 927,22
7	10,30		3		0		9 147,22
8	10,30		3		7,50		12 927,22
9	10,30		3		0		9 147,22
10	10,30		3		7,50		9 147,22
11	10,30		3		7,50		12 927,22

Fuente: elaboración propia.

Teniendo los pesos de los ejes en cada nivel y en cada sentido, se calcula el centro de masas en cada nivel, con las expresiones siguientes:

$$\bar{X}_{cm} = \sum(W_i X_i) / \sum W_i ; \quad \bar{Y}_{cm} = \sum(W_i Y_i) / \sum W_i$$

Tabla XXII. **Cálculo del centroide en sentido x, segundo nivel**

Eje	peso (Wi) [kg]	Distancia al centroide del eje Xi [m]	(Wi)(Xi) [kg- m]
A	13 852,50	18,75	259 734,38
B	13 852,50	18,75	259 734,38
C	13 852,50	18,75	259 734,38
1	7 366,42	0,00	0,00
2	7 366,42	3,75	27 624,08
3	7 366,42	7,50	55 248,15
4	7 366,42	11,25	82 872,23
5	7 366,42	15,00	110 496,30
6	7 366,42	18,75	138 120,38
7	7 366,42	22,50	165 744,45
8	7 366,42	26,25	193 368,53
9	7 366,42	30,00	220 992,60
10	7 366,42	33,75	248 616,68
11	7 366,42	27,50	202 576,55
losa	134 415,00	18,75	2 520 281,25
carga viva	38 625,00	18,75	724 218,75
suma	295 628,12	...	5 469 363,05

Fuente: elaboración propia.

$$\bar{X}_{cm} = \sum(W_i X_i) / \sum W_i \rightarrow (5\,469\,363,05) / (295\,628,12) = 18,51 \text{ m}$$

Tabla XXIII. **Cálculo del centroide en sentido Y, segundo nivel**

Eje	peso (Wi) [kg]	Distancia al centroide del eje Yi [m]	(Wi)(Yi) [kg-m]
A	13 852,50	10,30	142 680,75
B	13 852,50	2,80	38 787,00
C	13 852,50	0	0,00
1	7 366,42	5,15	37 937,06
2	7 366,42	5,15	37 937,06
3	7 366,42	5,15	37 937,06
4	7 366,42	5,15	37 937,06
5	7 366,42	5,15	37 937,06
6	7 366,42	5,15	37 937,06
7	7 366,42	5,15	37 937,06
8	7 366,42	5,15	37 937,06
9	7 366,42	5,15	37 937,06
10	7 366,42	5,15	37 937,06
11	7 366,42	5,15	37 937,06
losa	134 415,00	5,15	692 237,25
carga viva	38 625,00	5,15	198 918,75
suma	295 628,12	...	1 489 931,44

Fuente: elaboración propia.

$$\bar{Y}_{cm} = \sum (W_i X_i) / \sum W_i \rightarrow (1\,489\,931,44) / (295\,628,12) = 5,04 \text{ m}$$

Con un procedimiento similar para el primer nivel, se obtienen las coordenadas del centro de masa, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla XXIV. **Centro de masa, segundo y primer nivel**

Resultado Cm		
Segundo nivel		
Ycm	5,04	m
Xcm	18,51	m
Primer nivel		
Ycm	5,32	m
Xcm	18,63	m

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.5.2. Cálculo del centro de rigidez

El centro de rigidez puede solo aproximarse de forma relativa, debido a que la ubicación de este punto de concentración de la resistencia a las fuerzas impuestas a un diafragma varía de forma dinámica, de la misma manera que los elementos resistentes ceden, o se plastifican, mientras son sobreesforzados por las excitaciones de carácter sísmico.

- Cálculo del módulo de elasticidad del concreto (E)

El procedimiento siguiente para el diseño actual, se basa en los requerimientos del Comité 318 del American Concrete Institute (ACI) en la edición del 2 008.

Tabla XXV. **Cálculo del módulo de elasticidad del concreto**

Módulo de elasticidad		
Procedimiento		Referencia a código
$E = 15\,100,00 \sqrt{f'c}$	$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	8.5.1
$E = 15\,100,00 \sqrt{280}$		
$E = 252\,671,33 \text{ kg/cm}^2$		

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de rigidez por eje

$$K = Ebt / H [(H / t)^2 + 3]$$

Donde:

b = ancho de sección

t = altura de la sección

H = luz libre del elemento

E = módulo de elasticidad

Tabla XXVI. **Rigidez de columnas**

Rigideces de columnas		Rigidez[kg/cm]
Segundo nivel	$K = \frac{252\,671,33 \times 40 \times 40}{[(280/40)^2 + 3]} \times 280$	27 766,08
Primer nivel	$K = \frac{252\,671,33 \times 40 \times 40}{[(420/40)^2 + 3]} \times 420$	8 499,40

Fuente: elaboración propia.

En las siguientes tablas se resume el proceso de cálculo de la rigidez lateral de los ejes del sistema estructural a fuerzas laterales.

El centro de rigidez se calcula mediante la expresión:

$$\bar{X}_{cr} = \sum(K_{yi} x_i) / \sum K_{yi} ; \bar{Y}_{cr} = \sum (K_{xi} y_i) / \sum K_{xi}$$

Tabla XXVII. **Cálculo del centro de rigidez sentido Y, nivel 2**

Ejes Y	No, De columna	rigidez de columna (Kcol) [kg/cm]	rigidez de eje (Kyi) [kg/cm]	Distancia al centroide del eje (Xi)[m]	(Kyi)(Xi) [kg/cm-m]
1	3	27 766,08	83 298,24	0	0
2	3	27 766,08	83 298,24	3,75	312 368,40
3	3	27 766,08	83 298,24	7,50	624 736,80
4	3	27 766,08	83 298,24	11,25	937 105,21
5	3	27 766,08	83 298,24	15,00	1 249 473,61
6	3	27 766,08	83 298,24	18,75	1 561 842,01
7	3	27 766,08	83 298,24	22,50	1 874 210,41
8	3	27 766,08	83 298,24	26,25	2 186 578,82
9	3	27 766,08	83 298,24	30,00	2 498 947,22
10	3	27 766,08	83 298,24	33,75	2 811 315,62
11	3	27 766,08	83 298,24	37,50	3 123 684,025
Suma	33	305 426,88	916 280,65		17,180,262,14

Fuente: elaboración propia.

$$\bar{X}_{cr} = \sum(Kyi \cdot xi) / \sum Kyi \rightarrow (17\,180\,262,14) / (916\,280,65) = 18,75 \text{ m}$$

Tabla XXVIII. **Cálculo del centro de rigidez en sentido X, nivel 2**

Ejes X	No, De columna	rigidez de columna (Kcol) [kg/cm]	rigidez de eje (Kxi) [kg/cm]	Distancia al centroide del eje (Yi)[m]	(Kxi)(Yi) [kg/cm-m]
A	11	27 766,08	305 426,88	10,30	3 145 896,89
B	11	27 766,08	305 426,88	2,80	855 195,27
C	11	27 766,08	305 426,88	0,00	0,00
Suma	33	83 298,24	916 280,65		4 001 092,16

Fuente: elaboración propia,

$$\bar{Y}_{cr} = \sum (K_{xi} y_i) / \sum K_{xi} \rightarrow (4\,001\,092,16) / (916\,280,65) = 4,37 \text{ m}$$

Siguiendo un procedimiento similar para el primer nivel, se obtienen las coordenadas del centro de rigidez, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXIX. Resumen de coordenadas del centro de rigidez

Centro de rigidez		
Segundo nivel		
Y_{cr}	4,37	m
X_{cr}	18,75	m
Primer nivel		
Y_{cr}	4,37	m
X_{cr}	18,75	m

Fuente: elaboración propia,

2.1.6.6. Distribución horizontal de la fuerza

El procedimiento siguiente se basa en los criterios de AGIES 2 010,

2.1.6.6.1. Cálculo de excentricidad real y de diseño

Se procede a calcular la excentricidad de la siguiente forma:

- Excentricidad real:

$$e_{sx} = \bar{X}_{cm} - \bar{X}_{cr} \mid e_{sy} = \bar{Y}_{cm} - \bar{Y}_{cr}$$

- Excentricidades de diseño según AGIES 2 010:

Considerando los signos reales de la excentricidad, según el punto de referencia y las combinaciones de la excentricidad accidental del código.

$$e_1 = e_s (1,5 + 0,10b / \mid e_s \mid)$$

$$e_2 = e_s (1,5 + 0,10b / \mid e_s \mid)$$

$$e_3 = \text{mitad del máximo, } e_s \text{ abajo del nivel considerado.}$$

El efecto de la excentricidad es inducir un momento torsionante en el diafragma horizontal, lo que aumenta el cortante en los elementos resistentes a la fuerza lateral. Este momento se calcula de la siguiente forma:

$$M_t = V e_s$$

Donde:

V: cortante del nivel

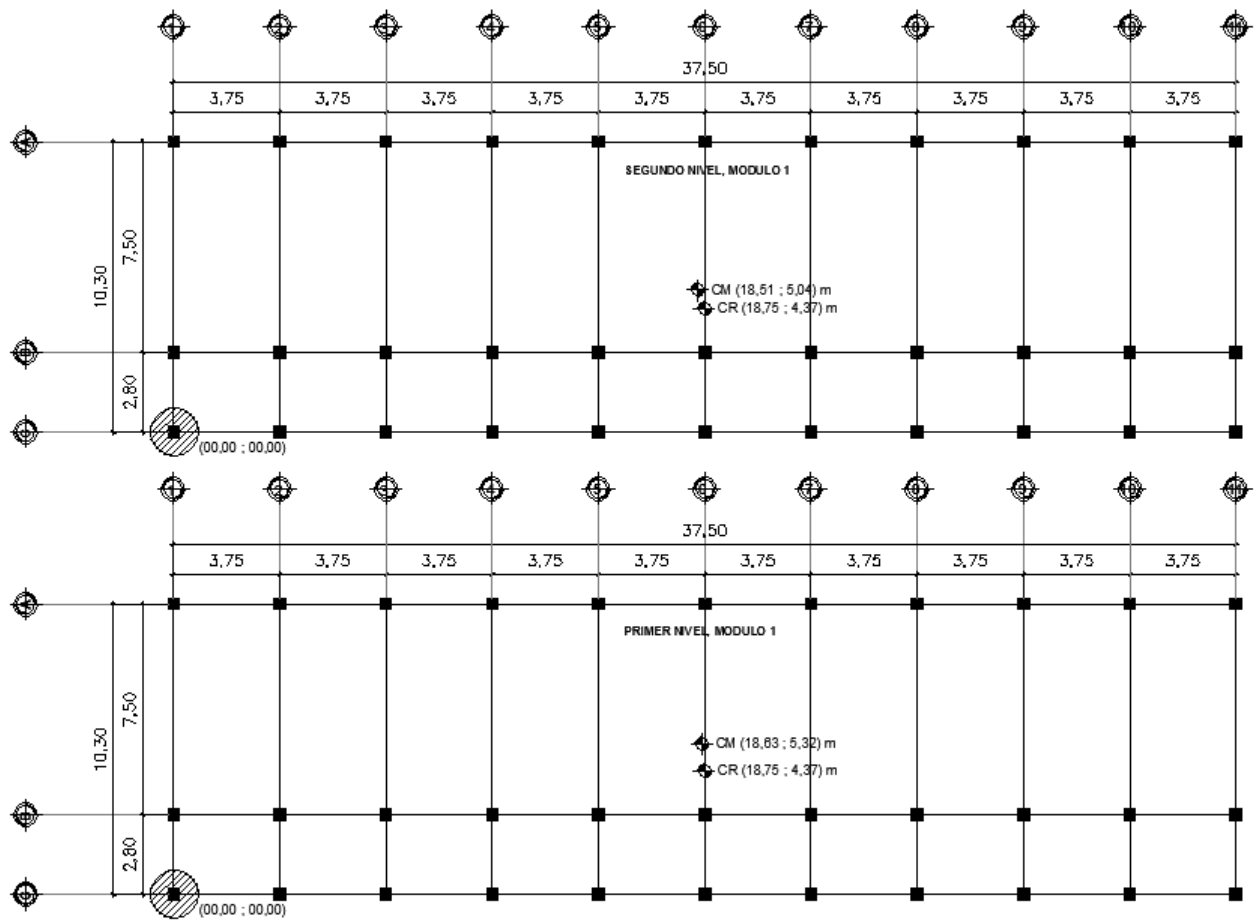
e_s: excentricidad real

EL RCDF recomienda, para facilitar el chequeo del cumplimiento de los requisitos de excentricidades, considerar un momento torsionante M_{t4} , igual a la mitad del máximo M_t encima del nivel analizado.

Para poder la excentricidad de diseño e_1 y e_2 , se ha definido una excentricidad especial e_4 dada por el cociente:

$$e_4 = M_{t4} / M_t.$$

Figura 14. Centro de masa y rigidez, niveles 2 y 1,



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

Tabla XXX. **Excentricidades y momentos torcionantes de diseño, en sentido X**

Nivel	Corte del nivel (Vx) [kg]	\bar{y}_{cm} [m]	\bar{y}_{cr} [m]	b_y [m]	e_s [m]	e_1 [m]	e_2 [m]	e_3 [m]	Mt [kg-m]	Mt4 [kg-m]	e_4 [m]
2	61 697,59	5,04	4,37	10,3	0,67	2,035	-0,36	0,475	41 337,39	0	0
1	96 537,44	5,32	4,37	10,3	0,95	2,455	-0,08	0	91 710,57	20 668,69	0,23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Excentricidades y momentos torsionantes de diseño, en sentido Y**

Nivel	Corte del nivel (Vx) [kg]	\bar{x}_{cm} [m]	\bar{x}_{cr} [m]	b_x [m]	e_s [m]	e_1 [m]	e_2 [m]	e_3 [m]	Mt [kg-m]	Mt4 [kg-m]	e_4 [m]
2	61 697,59	18,51	18,8	37,5	-0,2	-4,11	3,51	0,06	-14 807,42	0	0
1	96 537,44	18,63	18,8	37,5	-0,1	-3,93	3,63	0	-11 584,49	-7 403,71	0,64

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.6.2. Efectos torsionales

El cortante de piso debe repartirse en los marcos resistentes a la fuerza lateral de manera proporcional a la rigidez de los mismos.

La distribución del cortante se define como:

$$V_d = C_d$$

V_d = cortante directo

$$V_t = C_t M_t$$

V_t = cortante por torsión

$$C_d = \frac{K_{xi}}{\sum K_{xi}} \text{ o } \frac{K_{yi}}{\sum K_{yi}}$$

$$J_t = \sum (K_{xi} Y_t^2 + K_{yi} X_t^2)$$

$$C_t = \frac{K_{xi} Y_{ti}}{J_t} \text{ o } \frac{K_{yi} X_{ti}}{J_t}$$

X_{ti} o Y_{ti} = distancia desde el centro de rigidez hacia centroide de elementos resistentes.

Debido a que se deben analizar los efectos de la excentricidad accidental requeridos por el AGIES 2 010, y además considerar la acción de la fuerza sísmica actuando en los dos sentidos, 100 % en la dirección de análisis y 30 % en la dirección ortogonal, se define:

$$M_{tj} = V e_{sj}, j = 1,2$$

M_{t0} = máximo valor absoluto entre M_{t1} y M_{t2} en la dirección ortogonal

$$V_j = C_t M_{tj}, j = 0,1,2$$

V_m = máximo entre $(V_d + 1)$ y $(V_d + 2)$

$$V_{xy1} = V_m + 0,30 | vol |$$

$$V_{xy2} = 0,30 V_m + | vol |$$

V_{xy1} y V_{xy2} representan la acción de la fuerza sísmica en las dos direcciones ortogonales,

Tabla XXXII. Factores de distribución de cortante en sentido X, nivel 2

Ejes Y	Rigidez de eje (Kyi) [kg/cm]	Xti [m]	(Kyi) (Xti) [kg/cm m]	(Kyi)(Xti) ² [kg/cm m ²]	Cd	Ct
1	83 298,24	-18,75	-1 561 842,01	29 284 537,73	0,09090909	-0,009416
2	83 298,24	-15	-1 249 473,61	18 742 104,15	0,09090909	-0,0075328
3	83 298,24	-11,25	-937 105,21	10 542 433,58	0,09090909	-0,0056496
4	83 298,24	-7,5	-624 736,80	4 685 526,04	0,09090909	-0,0037664
5	83 298,24	-3,75	-312 368,40	1 171 381,51	0,09090909	-0,0018832
6	83 298,24	0	0,00	0,00	0,09090909	0
7	83 298,24	3,75	312 368,40	1 171 381,51	0,09090909	0,0018832
8	83 298,24	7,5	624 736,80	4 685 526,04	0,09090909	0,0037664
9	83 298,24	11,25	937 105,21	10 542 433,58	0,09090909	0,0056496
10	83 298,24	15	1 249 473,61	18 742 104,15	0,09090909	0,0075328
11	83 298,24	18,75	1 561 842,01	29 284 537,73	0,09090909	0,009416
Σ	916 280,65	...	...	128 851 966,02	1,000	0,0000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Factores de distribución de cortante en sentido Y, nivel 2

Ejes X	Rigidez de eje (Kyi) [kg/cm]	Yti [m]	(Kyi) (yti) [kg/cm m]	(Kyi)(yti) ² [kg/cm m ²]	Cd	Ct
A	305 426,88	5,93	1 811 181,41	63 690 013,26	0,33333333	0,010919
B	305 426,88	-1,57	-479 520,21	-1 181 969,35	0,33333333	-0,002891
C	305 426,88	-4,37	-1 334 715,48	-25 488 927,98	0,33333333	-0,0080467
Σ	916 280,65	...	...	37 019 115,93	1,000	0,0000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. Factores de distribución de cortante en sentido X, nivel 1

Ejes Y	Rigidez de eje (Kyi) [kg/cm]	Xti [m]	(Kyi) (Xti) [kg/cm m]	(Kyi)(Xti) ² [kg/cm m ²]	Cd	Ct
1	25 498,21	-18,75	-478 091,45	8 964 214,64	0,09090909	-0,009416
2	25 498,21	-15,00	-382 473,16	5 737 097,37	0,09090909	-0,0075328
3	25 498,21	-11,25	-286 854,87	3 227 117,27	0,09090909	-0,0056496
4	25 498,21	-7,50	-191 236,58	1 434 274,34	0,09090909	-0,0037664
5	25 498,21	-3,75	-95 618,29	358 568,59	0,09090909	-0,0018832
6	25 498,21	0	0,00	0,00	0,09090909	0
7	25 498,21	3,75	95 618,29	358 568,59	0,09090909	0,0018832
8	25 498,21	7,50	191 236,58	1 434 274,34	0,09090909	0,0037664
9	25 498,21	11,25	286 854,87	3 227 117,27	0,09090909	0,0056496
10	25 498,21	15,00	382 473,16	5 737 097,37	0,09090909	0,0075328
11	25 498,21	18,75	478 091,45	8 964 214,64	0,09090909	0,009416
Σ	280 480,32	...	...	39 442 544,42	1,000	0,0000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Factores de distribución de cortante en sentido Y, nivel 1,

Ejes X	Rigidez de eje (Kyi) [kg/cm]	Yti [m]	(Kyi) (yti) [kg/cm m]	(Kyi)(yti) ² [kg/cm m ²]	Cd	Ct
A	93 493,44	5,93	554 416,09	19 495 986,40	0,33333333	0,010919
B	93 493,44	-1,57	-146 784,70	-361 809,60	0,33333333	-0,002891
C	93 493,44	-4,37	-408 566,33	-7 802 350,29	0,33333333	-0,00805
Σ	280 480,32	...	...	11 331 826,51	1,000	0,0000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Corte sísmico en los elementos resistentes del nivel 2**

	Sentido	V [kg]	e1 [m]	e2 [m]	Mt1 [kg-m]	Mt2 [kg-m]	M0 [kg-m]		
	X	61 697,59	2,035	-0,36	125 554,60	-22 211,13	253 577,11		
	Y	61 697,59	-4,11	3,51	-253 577,11	216 558,55	125 554,60		
Ejes Y	Cd	Ct	Vd [kg]	V1 [kg]	V2 [kg]	Vm [kg]	V0 [kg]	Vxy1 [kg]	Vxy2 [kg]
1	0,090909	-0,009416	5 608,87	2 387,68	-2 039,12	7 996,55	-1 182,22	8 351,22	3 581,19
2	0,090909	-0,00753	5 608,87	1 910,15	-1 631,29	7 519,02	-945,78	7 802,75	3 201,48
3	0,090909	-0,00565	5 608,87	1 432,61	-1 223,47	7 041,48	-709,33	7 254,28	2 821,78
4	0,090909	-0,00377	5 608,87	955,07	-815,65	6 563,94	-472,89	6 705,81	2 442,07
5	0,090909	-0,00188	5 608,87	477,54	-407,82	6 086,41	-236,44	6 157,34	2 062,37
6	0,090909	0,00000	5 608,87	0,00	0,00	5 608,87	0,00	5 608,87	1 682,66
7	0,090909	0,00188	5 608,87	-477,54	407,82	6 016,70	236,44	6 087,63	2 041,45
8	0,090909	0,00377	5 608,87	-955,07	815,65	6 424,52	472,89	6 566,38	2 400,24
9	0,090909	0,00565	5 608,87	-1 432,61	1 223,47	6 832,34	709,33	7 045,14	2 759,04
10	0,090909	0,00753	5 608,87	-1 910,15	1 631,29	7 240,16	945,78	7 523,90	3 117,83
11	0,090909	0,00942	5 608,87	-2 387,68	2 039,12	7 647,99	1 182,22	8 002,65	3 476,62
Σ	0,909	-0,0094	56 088,72	-2 387,68	2 039,12	...	0,00	68 754,76	26 005,54
Ejes X	Cd	Ct	Vd [kg]	V1 [kg]	V2 [kg]	Vm [kg]	V0 [kg]	Vxy1 [kg]	Vxy2 [kg]
A	0,333333	0,0109192	20 565,86	1 370,95724	-242,528061	21 936,82	2 768,86	22 767,48	9 349,91
B	0,333333	-0,002891	20 565,86	-362,96844	64,2106335	20 630,07	-733,07	20 850,00	6 922,09
C	0,333333	-0,008047	20 565,86	-1 010,3007	178,726413	20 744,59	-2 040,46	21 356,73	8 263,84
Σ	1,0000	0,0000	61 697,59	0,0000	0,0000	...	0,00000	64 974,21	24 535,84

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Corte sísmico en los elementos resistentes del nivel 1**

	Sentido	V [kg]	e1 [m]	e2 [m]	Mt1 [kg-m]	Mt2 [kg-m]	M0 [kg-m]		
	X	96 537,44	2,455	-0,08	236 999,42	-7 723,00	350 430,91		
	Y	96 537,44	-3,93	3,63	-379 392,15	350 430,91	7 723,00		
Ejes Y	Cd	Ct	Vd [kg]	V1 [kg]	V2 [kg]	Vm [kg]	V0 [kg]	Vxy1 [kg]	Vxy2 [kg]
1	0,090909	-0,009416	8 776,13	3 572,36	-2 639,73	12 348,49	-72,72	12 370,30	3 777,27
2	0,090909	-0,00753	8 776,13	2 857,88	-2 639,73	11 634,02	-58,18	11 651,47	3 548,38
3	0,090909	-0,00565	8 776,13	2 143,41	-1 979,79	10 919,54	-43,63	10 932,63	3 319,50
4	0,090909	-0,00377	8 776,13	1 428,94	-1 319,86	10 205,07	-29,09	10 213,80	3 090,61
5	0,090909	-0,00188	8 776,13	714,47	-659,93	9 490,60	-14,54	9 494,97	2 861,72
6	0,090909	0,00000	8 776,13	0,00	0,00	8 776,13	0,00	8 776,13	2 632,84
7	0,090909	0,00188	8 776,13	-714,47	659,93	9 436,06	14,54	9 431,70	2 845,36
8	0,090909	0,00377	8 776,13	-1 428,94	1 319,86	10 095,99	29,09	10 104,72	3 057,89
9	0,090909	0,00565	8 776,13	-2 143,41	1 979,79	10 755,93	43,63	10 769,01	3 270,41
10	0,090909	0,00753	8 776,13	-2 857,88	2 639,73	11 415,86	58,18	11 433,31	3 482,93
11	0,090909	0,00942	8 776,13	-3 572,36	3 299,66	12 075,79	72,72	12 097,60	3 550,02
Σ	0,909	-0,0094	87 761,31	-3572,36	3299,66	...	0,00	104 905,35	31 659,66
Ejes X	Cd	Ct	Vd [kg]	V1 [kg]	V2 [kg]	Vm [kg]	V0 [kg]	Vxy1 [kg]	Vxy2 [kg]
A	0,333333	0,0109192	32 179,15	2587,84677	-84,3290189	34 766,99	3 826,43	35 914,92	6 603,67
B	0,333333	-0,002891	32 179,15	-685,14661	22,3265699	32 201,47	-1 013,07	32 505,39	10 673,51
C	0,333333	-0,008047	32 179,15	-1907,0641	62,1446564	32 241,29	-2 819,81	33 087,24	12 492,20
Σ	1,0000	0,000	96 537,44	0,00	0,00	...	0,00	101 507,55	29 769,38

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.6.3. Fuerza horizontal finales

La tabla siguiente resume las fuerzas de piso y cortante por nivel, obtenidas de las tablas anteriores, las cuales se utilizarán para el análisis estructural posterior. El incremento del cortante basal es mayor comparándolo con el resultado obtenido en la sección 2.1.6.4.1.

Tabla XXXVIII.

Cortante y fuerza de piso en sentido X

Ejes X	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
	2	1	2	1
	Vxy [kg]	Vxy [kg]	Fpxy [kg]	Fpxy [kg]
A	22 767,48	35 914,92	22 767,48	13 147,44
B	20 850,00	32 505,39	20 850,00	11 655,40
C	21 356,73	33 087,24	21 356,73	11 730,51
Σ	64 974,21	101 507,55	64 974,21	36 533,35

Vb final [kg]	101 507,55
Incremento por torsión [kg]	4 970,11

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX.

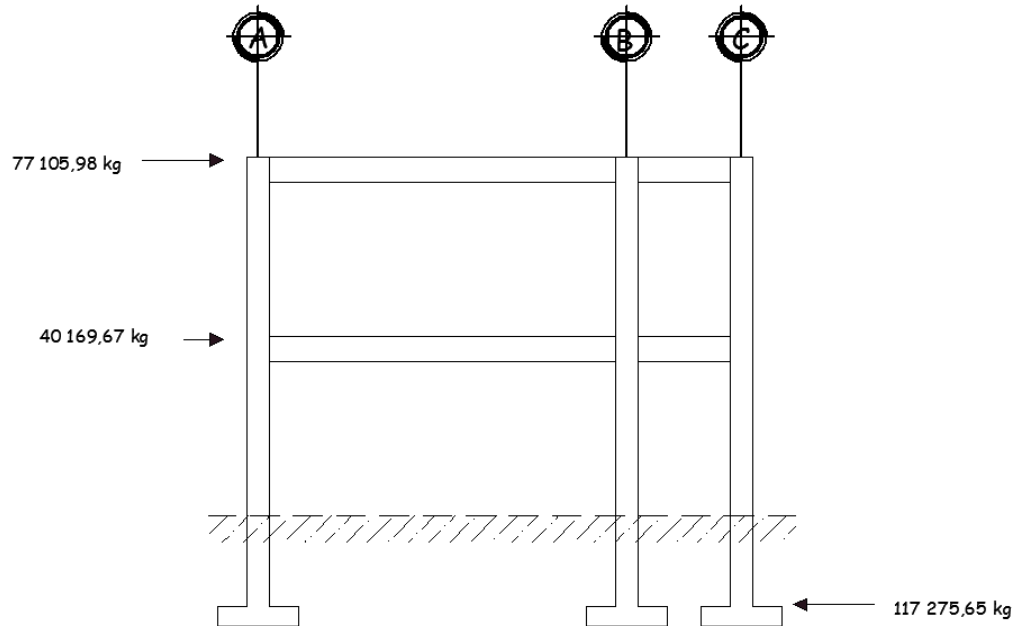
Cortante y fuerza de piso en sentido Y

Ejes Y	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel
	2	1	2	1
	Vxy [kg]	Vxy [kg]	Fpxy [kg]	Fpxy [kg]
1	8 351,22	12 370,30	8 351,22	4 019,08
2	7 802,75	11 651,47	7 802,75	3 848,72
3	7 254,28	10 932,63	7 254,28	3 678,35
4	6 705,81	10 213,80	6 705,81	3 507,99
5	6 157,34	9 494,97	6 157,34	3 337,62
6	5 608,87	8 776,13	5 608,87	3 167,26
7	6 087,63	9 431,70	6 087,63	3 344,07
8	6 566,38	10 104,72	6 566,38	3 538,34
9	7 045,14	10 769,01	7 045,14	3 723,87
10	7 523,90	11 433,31	7 523,90	3 909,41
11	8 002,65	12 097,60	8 002,65	4 094,95
Σ	77 105,98	117 275,65	77 105,98	40 169,67

Vb final [kg]	117 275,65
Incremento por torsión [Kg]	20 738,21

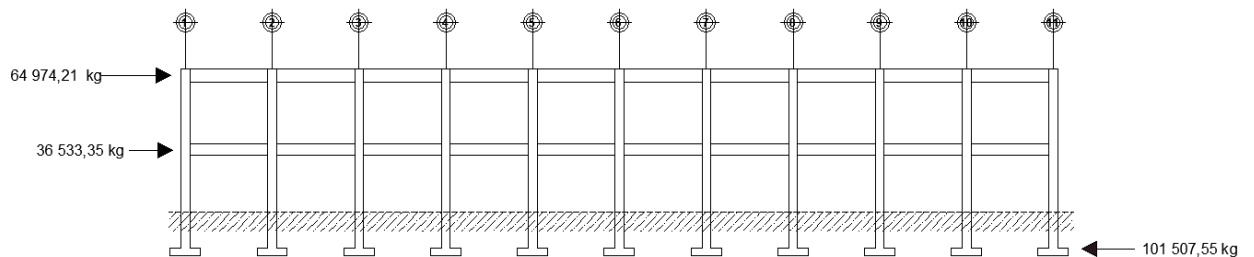
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Fuerzas de piso finales, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

Figura 16. **Fuerzas de piso finales, sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

2.1.6.7. **Control de desplazamiento de deriva**

El cálculo descrito a continuación es el de más simple aplicación en un cálculo manual y da una muy buena aproximación de los valores de

desplazamiento y derivas reales o calculadas con métodos matriciales de mayor precisión, como lo hace Etabs, por ejemplo.

Se tiene que:

δ_x = Desplazamiento del piso x

V_x = Fuerza cortante del piso x

$\delta_x = V_x / K_x + \delta_{x-1}$;

K_x = Rigidez lateral del piso

δ_{x-1} = Desplazamiento inferior del piso x

Utilizando los datos de rigidez de los ejes calculados anteriormente y los valores de las fuerzas cortantes de la tabla XXXVIII y la tabla XXXIX, para cada eje, se puede calcular el desplazamiento de cada uno de los ejes que resisten la carga lateral. El proceso se resume en las tablas siguientes:

Tabla XL. Cálculo de desplazamiento elástico en ejes del nivel 2

Ejes X	Corte directo Vd [kg]	Rigidez de eje (kxi) [kg/cm]	δ_2 [cm]	Ejes Y	Corte directo Vd [kg]	Rigidez de eje (kyi) [kg/cm]	δ_2 [cm]
A	22 767,48	305 426,88	0,458687	1	8 351,22	83 298,24	0,585401
B	20 850,00	305 426,88	0,415941	2	7 802,75	83 298,24	0,550625
C	21 356,73	305 426,88	0,423823	3	7 254,28	83 298,24	0,515849
				4	6 705,81	83 298,24	0,481073
				5	6 157,34	83 298,24	0,446297
				6	5 608,87	83 298,24	0,411521
				7	6 087,63	83 298,24	0,442979
				8	6 566,38	83 298,24	0,475121
				9	7 045,14	83 298,24	0,506921
				10	7 523,90	83 298,24	0,538721
				11	8 002,65	83 298,24	0,570521

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Cálculo de desplazamiento elástico en ejes del nivel 1

Ejes X	Corte directo Vd [kg]	Rigidez de eje (kxi) [kg/cm]	δ_1 [cm]	Ejes Y	Corte directo Vd [kg]	Rigidez de eje (kyi) [kg/cm]	δ_1 [cm]
A	35 914,92	93 493,44	0,384144	1	12 370,30	25 498,21	0,485144
B	32 505,39	93 493,44	0,347676	2	11 651,47	25 498,21	0,456952
C	33 087,24	93 493,44	0,353899	3	10 932,63	25 498,21	0,428761
				4	10 213,80	25 498,21	0,400569
				5	9 494,97	25 498,21	0,372378
				6	8 776,13	25 498,21	0,344186
				7	9 431,70	25 498,21	0,369897
				8	10 104,72	25 498,21	0,396291
				9	10 769,01	25 498,21	0,422344
				10	11 433,31	25 498,21	0,448397
				11	12 097,60	25 498,21	0,474449

Fuente: elaboración propia.

El cálculo de la deriva se resume en las tablas siguientes:

Tabla XLII. **Cálculo de la deriva elástica e inelástica en ejes del nivel 2**

Altura de piso [cm]					280		
Ejes X	δ [cm]	Δrs [cm]	Δm [cm]	Ejes Y	δ [cm]	Δrs [cm]	Δm [cm]
A	0,458687	0,00163817	0,009747	1	0,5854008	0,00209072	0,01244
B	0,415940	0,00148550	0,008839	2	0,5506249	0,00196652	0,011701
C	0,42382321	0,00151365	0,009006	3	0,5158489	0,00184232	0,010962
				4	0,4810729	0,00171812	0,010223
				5	0,4462969	0,00159392	0,009484
				6	0,4115210	0,00146972	0,008745
				7	0,4429788	0,00158207	0,009413
				8	0,4751212	0,00169686	0,010096
				9	0,5069213	0,00181043	0,010772
				10	0,5387214	0,00192400	0,011448
				11	0,5705215	0,00203758	0,012124

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Cálculo de la deriva elástica e inelástica en ejes del nivel 1**

Altura de piso [cm]					420		
Ejes X	δ [cm]	Δrs [cm]	Δm [cm]	Ejes Y	δ [cm]	Δrs [cm]	Δm [cm]
A	0,384144	0,0009146	0,005442	1	0,4851440	0,0011551	0,006873
B	0,347676	0,0008278	0,004925	2	0,4569524	0,00108798	0,006473
C	0,353899	0,0008426	0,005014	3	0,4287608	0,00102086	0,006074
				4	0,4005693	0,00095374	0,005675
				5	0,3723777	0,00088661	0,005275
				6	0,3441862	0,00081949	0,004876
				7	0,3698965	0,00088071	0,005240
				8	0,3962914	0,00094355	0,005614
				9	0,4223440	0,00100558	0,005983
				10	0,4483965	0,00106761	0,006352
				11	0,4744491	0,00112964	0,006721

Fuente: elaboración propia.

Nótese que las derivas elásticas o de respuesta (Δrs) deben compararse con los requisitos del AGIES NSE3-10 como se indica a continuación:

Figura 17. **Derivas AGIES 2 010**

Estructura	Clasificación de Obra		
	ordinaria	importante	esencial
Edificaciones de mampostería reforzada hasta 4 niveles	$0,007h_p$	$0,007h_p$	$0,007h_p$
Edificaciones hasta altura permitida sin ascensor	$0,025h_p$	$0,025h_p$	$0,020h_p$
Edificación general	$0,020h_p$	$0,020h_p$	$0,015h_p$
h_p es la altura del piso para el que se calcula la deriva			

Fuente: AGIES NSE3-10, tabla 4.1.

Máxima admisible (según tabla 4-1 NSE3)

$$\Delta_{cp \leq \frac{\Delta_v}{C_d}}, C_d = 5,5 \text{ por lo tanto } \frac{0,025}{5,5} = 0,004545$$

Nótese que las derivas calculadas y mostradas en la tabla XLII y tabla XLIII, son mucho menores, que la deriva elástica máxima recomendada por el código para estructuras con un período de vibración menor a 0,7 segundos. Por ello, tanto la estructuración como los elementos resistentes proporcionan la rigidez suficiente para controlar la deformación inelástica y la inestabilidad.

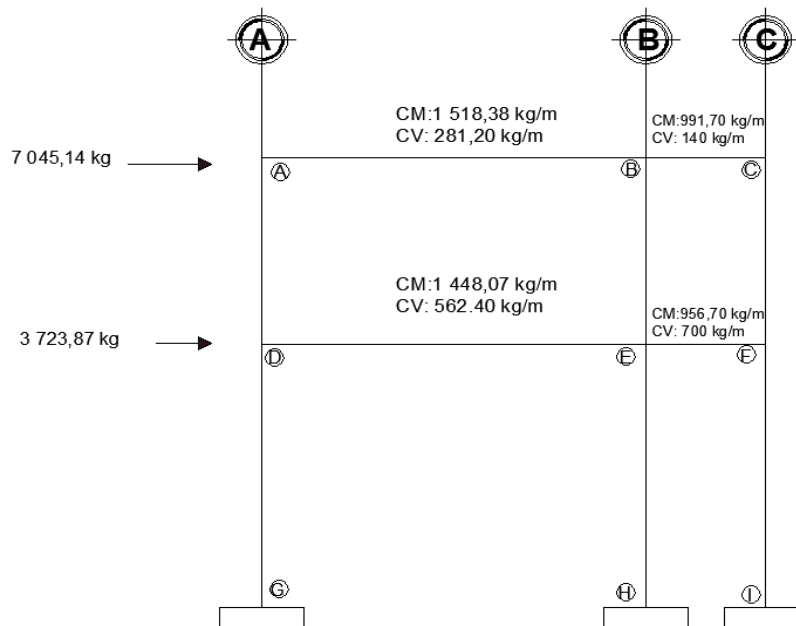
2.1.7. Métodos de análisis estructural

Con base en los resultados de las secciones 2.1.5 y 2.1.6, se puede realizar un diagrama de estados de carga para carga viva, carga muerta y carga sísmica, sin aplicar factores de mayoración, y realizar el análisis estructural (ver figura 18).

2.1.7.1. Análisis estructural por el método de Kanin con nudo desplazables

Kani es un método de iteraciones sucesivas, por lo que se debe considerar como un método aproximado y como tal, tiene varias simplificaciones para facilitar la aplicación de su metodología. A continuación se presenta el análisis para cargas gravitacionales del marco del eje 9.

Figura 18. Estado de cargas para marco del eje 9, módulo I



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD 2 014.

Cabe destacar que el método de Kani, al ser un método iterativo, su precisión dependerá del número de iteraciones que se realicen. La rapidez en la convergencia del método está relacionada con la secuencia seguida en el procedimiento.

- Inercia de sección:

$$I_{\text{viga}} : 1 / 12 (0,30)(0,6)^3 = 5,4 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_{\text{columna}} : 1/12 (0,4)(0,4)^3 = 2,133 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

- Rigidez relativa:

$$K_{ik} : I / L$$

Donde:

Kik : Rigidez relativa [m³]

L : inercia de la sección [m⁴]

L : luz entre apoyos [m]

Tabla XLIV. **Rigidez Relativa K [m³]**

kAB	0,0007200	KDG	0,00050794
KAD	0,0007619	KDE	0,00072000
KBC	0,0019285}	KEH	0,00050794
KBE	0,0007619	KEF	0,00192857
KCF	0,0007619	KFI	0,00050794

Fuente: elaboración propia.

- Factor de giro (μ) :

$$\mu = -\frac{1}{2} \times \frac{k}{\sum k}$$

Donde:

μ = Factor de giro o de reparto

K = Rigidez del elemento

$\sum K$ = Sumatoria de rigideces en el nudo

$$\text{La } \sum \mu_{\text{nudo}} = -0,5$$

Tabla XLV. **Factor de giro**

Factor de giro					sumatoria
AB	-0,242930591	Nudo A	...	...	-0,5
AD	-0,257069409		...	...
BA	-0,105557107	Nudo B	BE	-0,11170064	-0,5
BC	-0,282742251		...	...
CB	-0,358407080	Nudo C	...	...	-0,5
CF	-0,141592920		...	...
DA	-0,191448628	Nudo D	DG	-0,12763242	-0,5
DE	-0,180918953		...	...
EB	-0,097221097	Nudo E	EF	-0,24609090	-0,5
ED	-0,091873937		EH	-0,06481406	
FC	-0,119106700	Nudo F	FI	-0,07940447	-0,5
FE	-0,301488834		...	...

Fuente: elaboración propia.

- Momento Fijo (M_{fik}) :

$$MF = \frac{WL^2}{12}$$

Donde:

MF = Momento Fijo [kg-m]

W = Carga [kg/m]

L = Longitud de la viga [m]

Existe solo en los tramos con carga fuera del nudo.

Tabla XLVI. **Momentos fijos**

AB	1 318,125	Nudo A	BA	-1 318,125
BC	91,46666667	Nudo B	CB	-91,46666667
DE	2 636,25	Nudo D	ED	-2 636,25
EF	457,3333333	Nudo E	FE	-457,3333333

Fuente: elaboración propia.

- Factor de corrimiento (r_{ik}) :

Este factor es propio de las columnas del nivel,

$$r_{ik} = -\frac{3}{2} \times \frac{K_{colik}}{\sum K_{colik}}$$

$$\sum r_{ik} = -3/2$$

Tabla XLVII. **Factor de corrimiento**

Nivel 2	AD	-0,5	Nivel 1	DG	-0,5
	BE	-0,5		EH	-0,5
	CF	-0,5		FI	-0,5
Sumatoria		-1,5	Sumatoria		-1,5

Fuente: elaboración.

- Primera iteración: La secuencia a seguir es: A-B-C-F-E-D

NUDO A: $-1\,318,125 \times (-0,2429) = 320,13$

$-1\,318,125 \times (-0,2571) = 338,85$

NUDO B: $-0,1055 \times 1\,226,66 + 320,13 = -163,28$

$-0,2827 \times 1\,226,66 + 320,13 = -437,36$

$-0,1117 \times 1\,226,66 + 320,13 = -172,78$

NUDO C: $-0,3584 \times 91,47 + (-437,37) = 123,97$

$-0,1415 \times 91,47 + (-437,37) = 48,98$

NUDO F:

$$\begin{aligned} & -0,1191 \times 457,43 + 48,98 = -60,305 \\ & -0,3015 \times 457,43 + 48,98 = -152,65 \\ & -0,0794 \times 457,43 + 48,98 = -40,20 \end{aligned}$$

NUDO E:

$$\begin{aligned} & -0,0972 \times 2 \ 178,92 + (-152,65) + (-172,78) = -180,20 \\ & -0,2461 \times 2 \ 178,92 + (-152,65) + (-172,78) = -456,13 \\ & -0,0918 \times 2 \ 178,92 + (-152,65) + (-172,78) = -170,28 \\ & -0,0648 \times 2 \ 178,92 + (-152,65) + (-172,78) = -120,13 \end{aligned}$$

NUDO D:

$$\begin{aligned} & -0,1914 \times -2 \ 636,25 + 338,25 + (-170,28) = 472,43 \\ & -0,1809 \times -2 \ 636,25 + 338,25 + (-170,28) = 446,45 \\ & -0,1276 \times -2 \ 636,25 + 338,25 + (-170,28) = 314,95 \end{aligned}$$

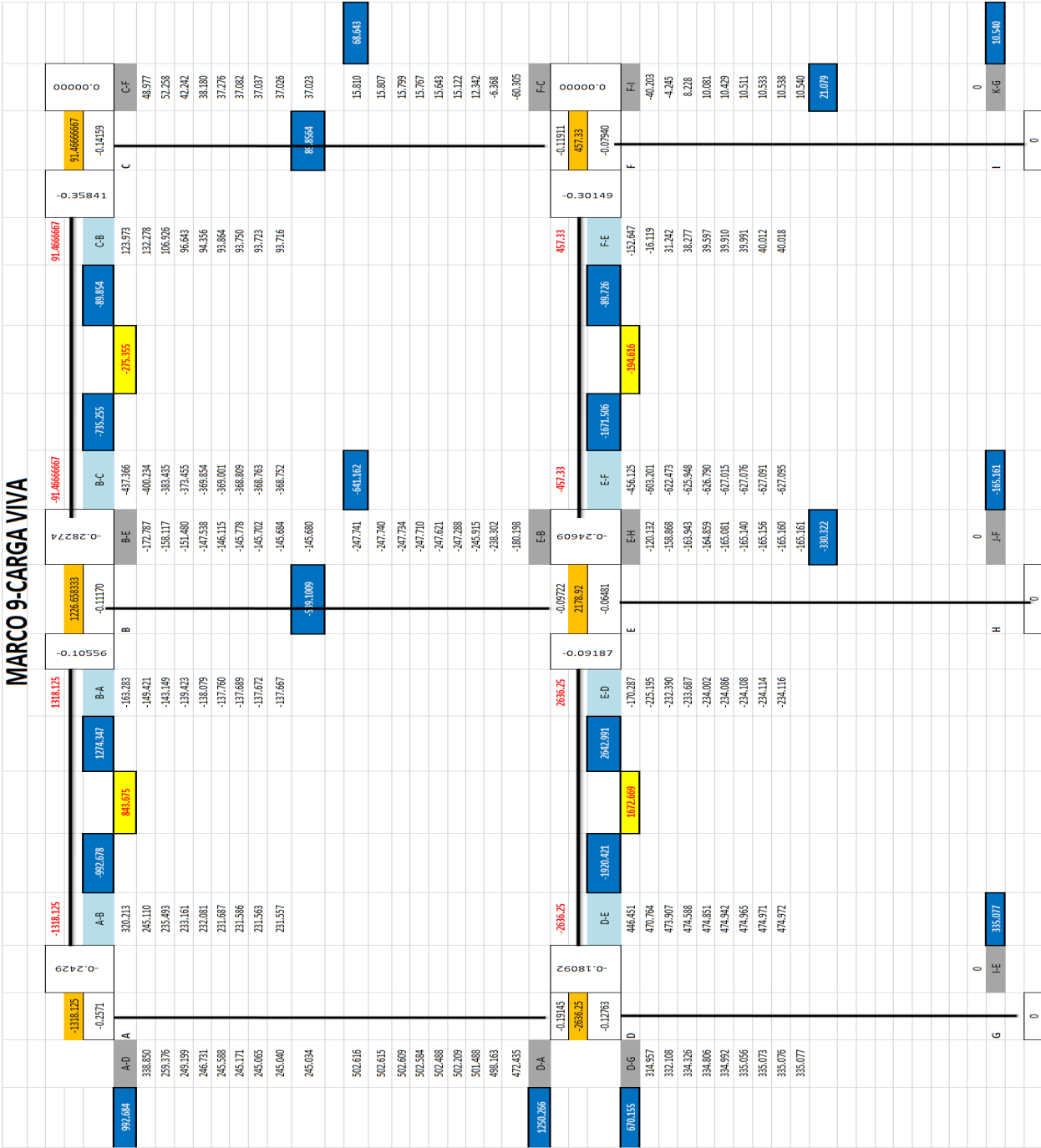
Cuando se haya llegado a una convergencia en los valores de tres o más iteraciones sucesivas, el proceso puede detenerse. Los momentos finales se calculan de la siguiente manera:

$$M = M_{f_{ik}} + M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

$M_{f_{ik}}$ = momento de empotramiento
 M'_{ik} = momento debido al giro del nudo i
 M'_{ki} = momento debido al giro del nudo k
 M''_{ik} = momento debido al desplazamiento del nudo i

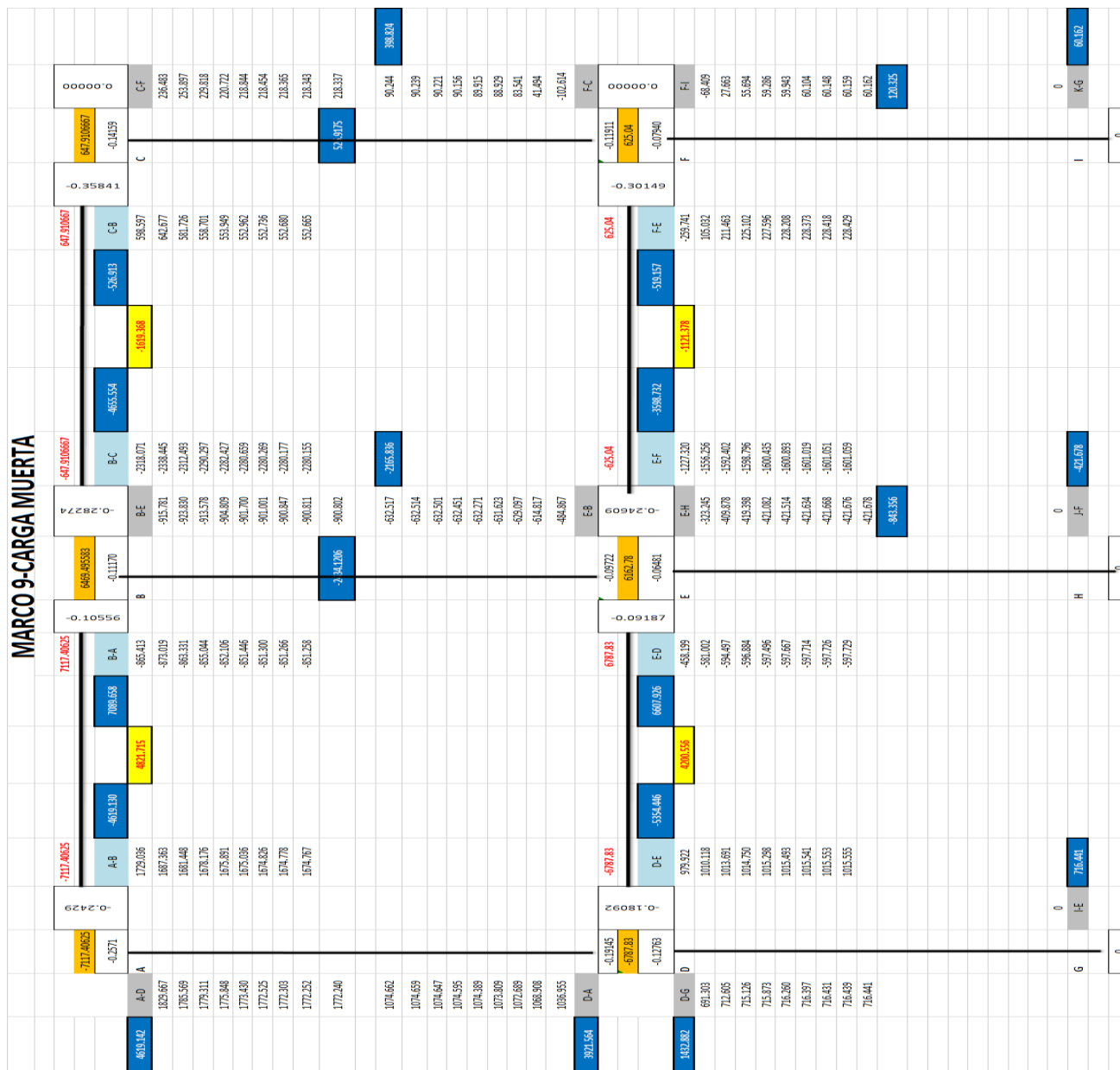
Siguiendo con el procedimiento, y cálculos del método de Kani, se obtienen los momentos generales para vigas y columnas, considerando el desplazamiento de los nudos, para carga viva y muerta. Sus resultados se muestran en la figura 18 y la figura 19.

Figura 19. Diagrama de momentos para carga viva por el método de Kani, para el marco del eje 9, módulo I [kg-m]



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Diagrama de momentos para carga muerta por el método de Kani, para el marco del eje 9, módulo I [kg-m]**

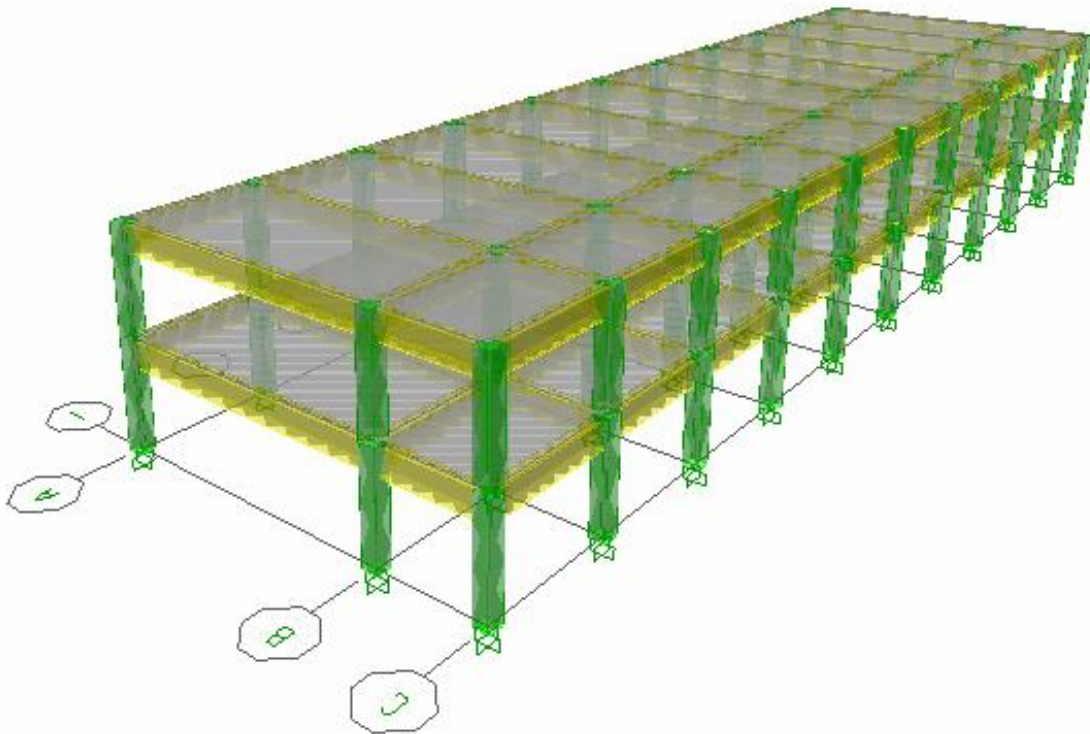


Fuente: elaboración propia.

2.1.7.2. Análisis estructural usando Etabs

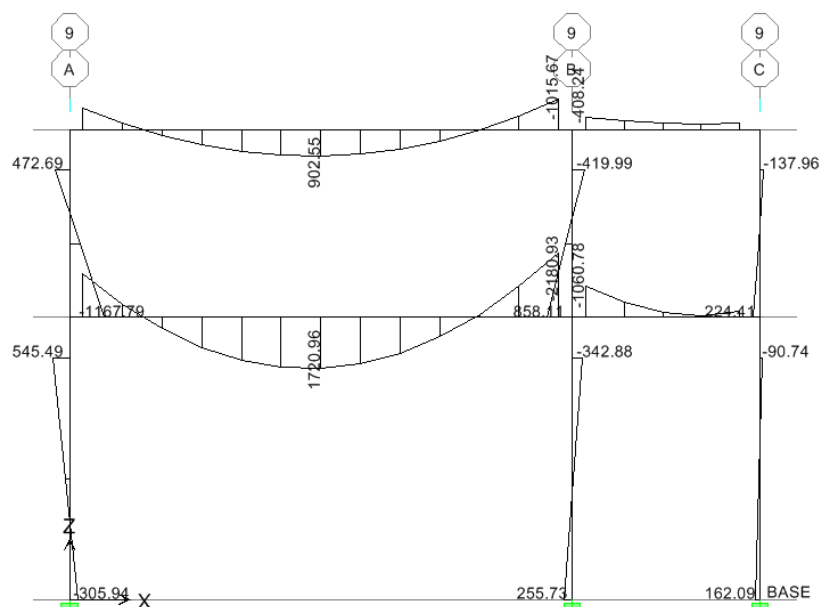
Al Efectuar el análisis estructural para todos los grados de libertad del modelo tridimensional, se obtienen los diagramas de momento para carga viva y carga muerta sin aplicar factores de mayoración, y estos se muestran en las figuras siguientes.

Figura 21. **Módulo I, escuela caserío Santa Fe Ocaña**



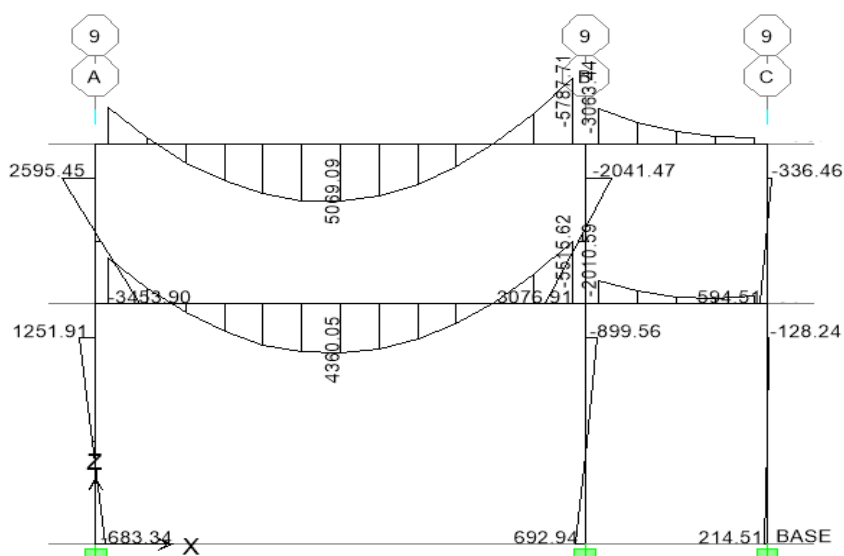
Fuente: elaboración propia, empleando el programa Computers and Structures. Etabs 9.

Figura 22. **Diagrama de momentos para carga viva, por Etabs para el marco del eje 9, módulo I [kg-m]**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Computers and Structures. Etabs 9.

Figura 23. **Diagrama de momentos para carga muerta por Etabs, para el marco del eje 9, módulo I [kg-m]**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Computers and Structures. Etabs 9.

2.1.7.3. Comparación de resultados

Como se aprecia en los diagramas de momento anteriores, la discrepancia de resultados tienen un valor porcentual aceptable, inferior al 10 %, como se nota en la tabla XLVIII. La variación de los resultados radica en las mismas simplificaciones de los métodos aproximados como Kani, debido a que se basa en valores de momento de empotramiento perfecto o momentos fijos, que a su vez están en función de la distribución de cargas sobre la luz libre del elemento.

Tabla XLVIII. Comparación de resultados

Marco 9 (ton-m)									
	VIGA 2N-A9-B9								
	M-(izquierdo)			M+(centro)			M - (Derecho)		
	KANI	ETABS	Diferencia %	KANI	ETABS	Diferencia%	KANI	ETABS	Diferencia%
M cv	0,99	0,92	7%	0,84	0,90	6,66%	1,27	1,16	8,66%
M cm	4,61	4,74	2,81%	4,82	5,07	4,93%	6,24	5,79	7,69%
M sismo	1,3	1,36	4,61%	0,65	0,71	9,23%	1,27	1,36	7,09%
	VIGA 1N-A9-B9								
	M-(izquierdo)			M + (centro)			M - (Derecho)		
	KANI	ETABS	Diferencia %	KANI	ETABS	Diferencia%	KANI	ETABS	Diferencia%
M cv	1,92	1,73	9,80%	1,62	1,72	5,80%	2,42	2,18	9,90%
M cm	5,35	5,61	4,85%	4,2	4,36	3,80%	6,0	5,5	9,09%
M sismo	1,15	1,24	7,82%	0,48	0,52	8,33%	1,32	1,43	8,33%

Otro motivo para la variación de los resultados obtenidos son los algoritmos de cálculo de Etabs, los cuales no permiten realizar simplificaciones mayores al modelo matemático, y puede considerarse la rigidez de los elementos del marco de manera más exacta, incluyendo, en estos, la rigidez de la losa como diafragma horizontal.

Con base en el análisis de resultados obtenidos, se considerarán para el diseño estructural siguiente, los resultados del *software* Etabs, por considerarse un procedimiento exacto.

2.1.8. Diseño estructural de concreto armado

La base técnica del diseño estructural usada en este documento es la indicada por el American Concrete Institute, en su comité 318, (ACI 318-08).

También comprende la definición de los elementos estructurales a manera de que los mismos puedan satisfacer la demanda de y solicitaciones de carga, resistencia y estabilidad, según lo establecido por los reglamentos para su diseño.

2.1.8.1. Combinación de carga

Los estados de carga básicos son: carga muerta (D); carga viva (L); sismo (E_x , E_y). Con base en estos estados de carga, se realizan las combinaciones críticas para el diseño estructural sugeridos por el ACI 318-08 como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla XLIX. **Factores de carga y combinaciones sugeridos por el ACI 318S-08**

ID	Combinación	Referencia ACI 318-08
U1	1,4D	9.2.1 – Eq. (9-1)
U2	1,2D + 1,6L	9.2.1 – Eq. (9-2)
U3	1,2D + 1,0L	9.2.1 – Eq. (9-3)
U4	1,2D + 1,0L + 1,0E _x	9.2.1 – Eq. (9-5)
U5	1,2D + 1,0L – 1,0E _x	9.2.1 – Eq. (9-5)
U6	1,2D + 1,0L + 1,0E _y	9.2.1 – Eq. (9-5)
U7	1,2D + 1,0L – 1,0E _y	9.2.1 – Eq. (9-5)
U8	0,9D + 1,0E _x	9.2.1 – Eq. (9-7)
U9	0,9D – 1,0E _x	9.2.1 – Eq. (9-7)
U10	0,9D + 1,0E _y	9.2.1 – Eq. (9-7)
U11	0,9D – 1,0E _y	9.2.1 – Eq. (9-7)

Fuente: American Concrete Institute. Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318S-08). p. 121.

2.1.8.2. **Envolvente de momentos**

El proceso es netamente aritmético, y se resume a continuación para la viga 2N-4A-4B.

Tabla L. **Envolvente de momento para viga 2N-4A-4B**

		Momento [kg-m]		
Estado de Carga		Izquierdo	Centro	Derecho
CM	Muerta	-4 957,34	4 590,33	-2 773,32
CV	Viva	-1 128,30	1 104,56	-812,59
EX	Sismo X	-223,15	-11,99	-293,77
EY	Sismo Y	-1 930,53	-191,03	-2 299,67
U1	1,4D	-15 251,50	14 196,24	-8,618,23
U2	1,2D + 1,6L	-14 877,99	13 935,51	-8,687,20
U3	1,4D + 1,0L + 1,5EX	-16 156,65	15 288,32	-9 724,59
U4	1,4 + 1,0L – 1,5EX	-16 602,95	15 312,79	-9 137,06
U5	1,4D + 1,0L +1,5Ey	-14 449,27	15 109,77	-11 730,49
U6	1,4D + 1,0L -1,5EY	-18 310,32	15 517,02	-7 131,16
U7	1,4D + 1,5EX	-15 028,35	14 184,25	-8 912,00
U8	1,4D -1,5EX	-15 474,65	14 208,23	-8 324,47
U9	1,4D + 1,5EY	-13 320,97	14 005,21	-10 917,90
U10	1,4D – 1,5EY	-17 182,02	14 387,28	-6,318,57
U11	0,7D + 1,5EX	-7 402,60	7 086,13	-4 602,88
U12	0,7D – 1,0EX	-7 848,90	7 110,11	-4 015,35
U13	0,7D + 1,0EY	-5 695,22	6 907,09	-6 608,78
U14	0,7D – 1,0EY	-9 556,28	7 289,15	-2 009,45
ENVO	...	-18 310,32	15 517,02	-11 730,49

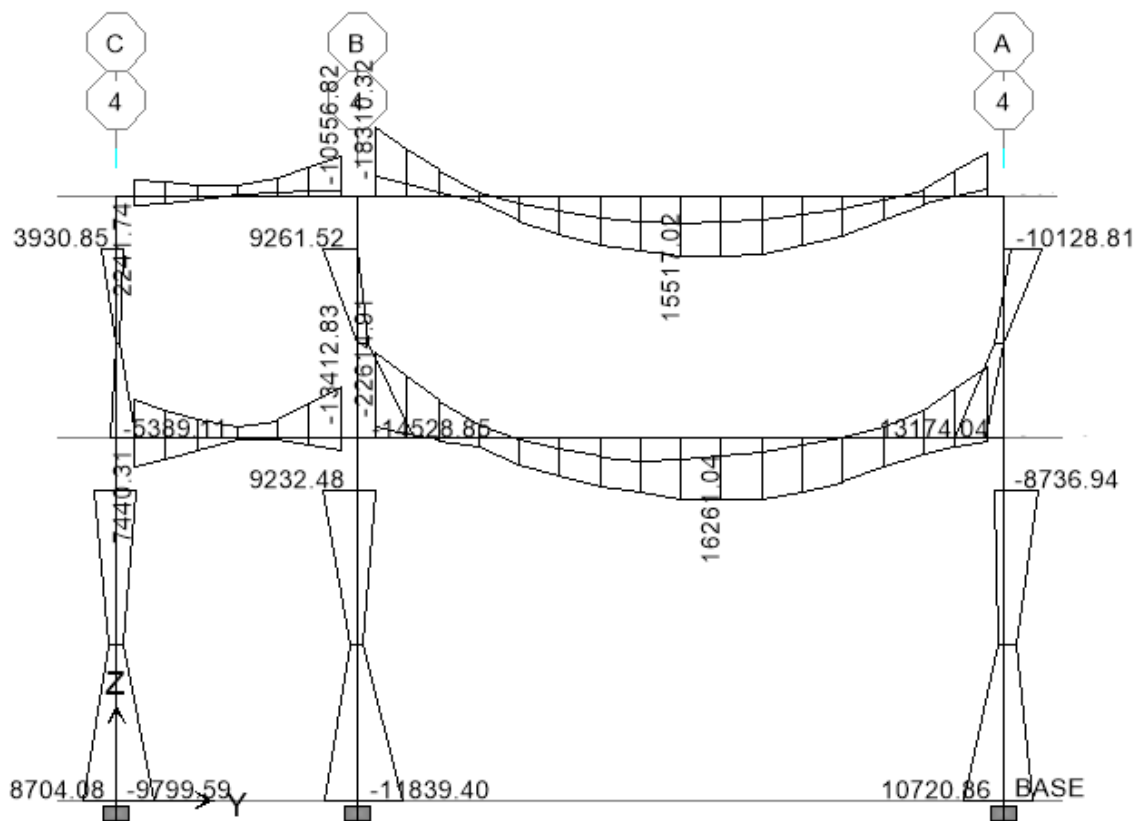
Fuente: elaboración propia.

Con cálculos similares para todas las vigas y columnas del marco, se encuentra el valor de la envolvente de cortes y momentos. Para realizar esta tarea, es importante mencionar la facilidad con la que Etabs lo hace; dentro del *software* se define una combinación de cargas del tipo ENVE, y esto proporcionará la envolvente de las combinaciones indicadas.

2.1.8.2.1. Diagrama de corte y momento de diseño

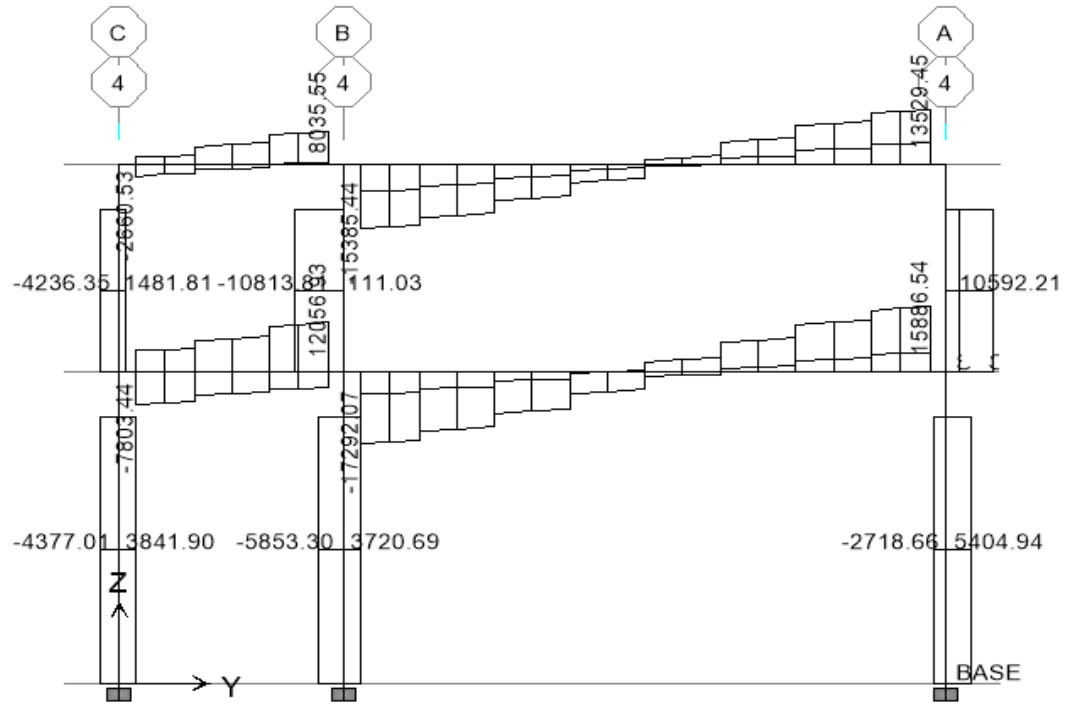
A continuación se presentan los diagramas de corte y momento de la envolvente de diseño obtenidos del análisis estructural con Etabs®, incluyéndose la carga gravitacional y lateral respectiva, para los marcos de los ejes de análisis: eje 4 (sentido Y) y eje B (sentido X).

Figura 24. **Envolvente de momentos para marco del eje 4 [kg-m]**



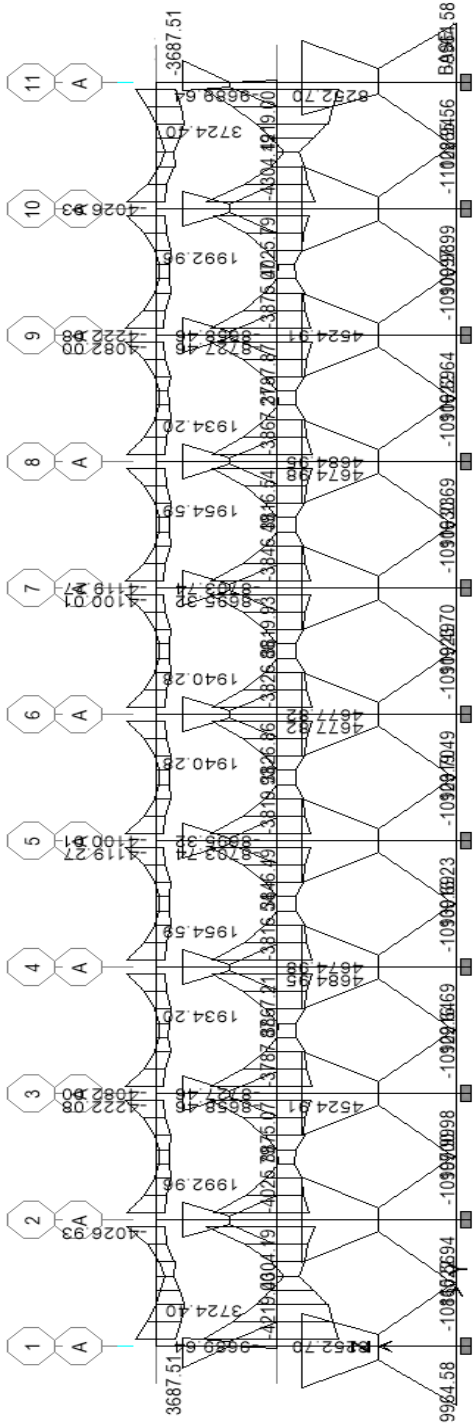
Fuente: elaboración propia, empleando el programa Computers and Structures. Etabs 9.

Figura 25. **Envolvente de corte para marco del eje 4 [kg]**



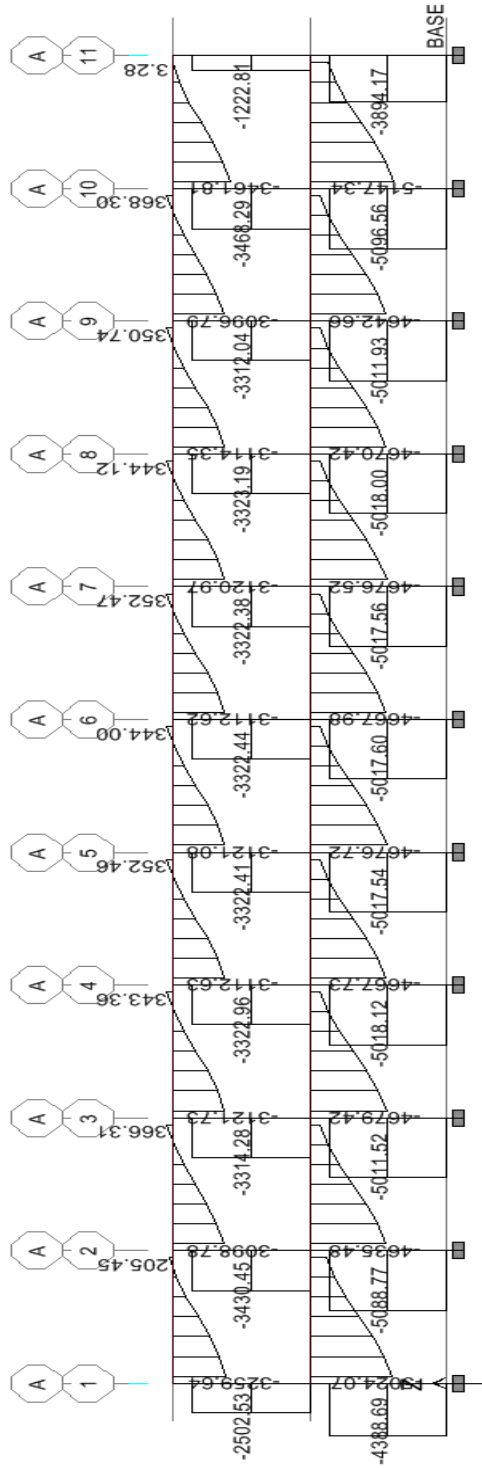
Fuente: elaboración propia, empleando el programa Computers and Structures. Etabs 9.

Figura 26. **Envolvente de momentos para marco del eje A [kg-m]**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Computers and Structures. Etabs 9.

Figura 27. **Envolvente de Corte para marco del eje A [kg]**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Computers and Structures. Etabs 9.

2.1.8.3. Diseño estructural y detallado sismorresistente

Para fines ilustrativos, algunos cálculos se encuentran referenciados al código ACI 318S-08 para una mayor facilidad de verificación.

2.1.8.3.1. Diseño de viga

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y corte, transmiten de la carga de la losa hacia las columnas. Para su diseño son necesarios los resultados obtenidos del análisis estructural.

Para el diseño se consideraron los siguientes datos:

- Resistencia del concreto: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 = (4\ 000 \text{ psi})$
- Resistencia del acero: $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2 = (60\ 000 \text{ psi})$
- Base de viga: $b = 30 \text{ cm}$
- Peralte de viga: $h = 60 \text{ cm}$

A continuación se describe el procedimiento para el diseño de vigas, tomando como ejemplo, el diseño de viga 1N-4A-4B, del eje 4 en el primer nivel.

- Peralte efectivo

$$d = 60 \text{ cm} - 4 \text{ cm} \rightarrow 56 \text{ cm}$$

Según la sección 7.7.1 del ACI 318-08, la protección de concreto mínima para elementos sometidos a flexión debe ser de 4 centímetros, en

condiciones normales de exposición. Este valor aumenta si el elemento está expuesto a la intemperie.

- Límites del refuerzo

$$A_s = \frac{14,1 \times b \times d}{f_y} \geq A_s = \frac{0,8 \sqrt{f'_c}}{f_y} b \times d$$

Referencia a código ACI sección 10.5.1.

Donde:

b = base del elemento

f_y = esfuerzo a fluencia del elemento (4 200 kg/cm²)

f'_c = resistencia a compresión del concreto (281 kg/cm²)

$$A_{s \min} = \frac{14,1 \times 30 \times 56}{4\,200} \rightarrow 5,64 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{0,8 \times \sqrt{281}}{4\,200} 30 \times 56 \rightarrow 5,36 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínima a utilizar es 5,64 cm²

Acero máximo

$$A_{s \max} = 0.5 \times \rho_b \times b \times d$$

Donde:

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta \times f'_c}{f_y} \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

Referencia a código ACI, sección 21.5.2.1.

β = Factor igual a 0,85 cuando $f'c$ es igual a 280 kg/cm²

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 280}{4\,200} \left(\frac{6\,120}{6\,120 + 4\,200} \right) \rightarrow 0,02856$$

$$As_{max} = 0,5 \times 0,02856 \times 30 \times 56 \rightarrow 23,99 \text{ cm}^2$$

Para determinar el área de acero que requieren los momentos últimos se tiene la siguiente expresión:

$$As = \left[b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{Mu \times b}{0,003825 \times f'c}} \right] \times \frac{0,85 \times f'c}{fy}$$

Referencia a código ACI, sección 21.5.2.2.

Tabla LI. **Área de acero requerido para viga de tramo 1N-4A-4B, eje 4, nivel 1**

	Mu [kg-m]	As mu [cm ²]	As min [cm ²]	As max [cm ²]	Condición
Negativo I	18 912,75	9,40	5,64	23,99	simplemente reforzada
Positivo	16 261,04	8,02	5,64	23,99	simplemente reforzada
Negativo D	22 614,91	11,36	5,64	23,99	simplemente reforzada

Fuente: elaboración propia.

La viga en todas sus secciones es simplemente reforzada. Cuando se requiera un valor menor al del acero mínimo, se utiliza el área de acero mínimo.

Para definir el armado de la viga, se deben cumplir las siguientes condiciones que establece el ACI 318-08, capítulo 21.

Para la cama superior colocar como mínimo:

- $A_s \text{ min} = 5,64 \text{ cm}^2$
- 2 varillas No.4 = $2,53 \text{ cm}^2$
- 33% $A_s(-)$ Mayor = $3,75 \text{ cm}^2$

Nota: se toma el dato mayor.

Para cubrir un área de acero de $5,64 \text{ cm}^2$, es necesario colocar 2 varillas número 6 corridas, las cuales tienen un área total de $5,7 \text{ cm}^2$ mayor a $5,64 \text{ cm}^2$.

Para la cama inferior se debe colocar como mínimo:

- $A_s \text{ min} = 5,64 \text{ cm}^2$
- 2 varillas No.4 = $2,53 \text{ cm}^2$
- 50% $A_s + = 4,01 \text{ cm}^2$
- 50% $A_s(-)$ mayor = $5,68 \text{ cm}^2$

Nota: se toma el mayor de estos datos

Para cubrir un área de acero de $5,68 \text{ cm}^2$, es necesario colocar 2 varillas número 6 corridas, las cuales tienen un área total de $5,70 \text{ cm}^2$ mayor a $5,68 \text{ cm}^2$.

Tabla LII. **Armado de refuerzo para viga de tramo 1N-4A-4B, eje 4, nivel**

1

Mu [kg-m]	As mu [cm ²]	Armado	As [cm ²]
19 325,39	9,40	2 varillas No. 6 corridas+ 2 bastones No.5	9,65
16 670,72	8,02	2 varillas No.6 corridas + 1 tensión No.6	8,55
23 159,55	11,36	2 varillas No.6 corridas + 2 bastones No.6	11,40

Fuente: elaboración propia.

La propuesta de armado cubre las áreas requeridas y cumple con las condiciones descritas.

- Diseño a corte

Los esfuerzos cortantes serán contrarrestados por un refuerzo transversal que consiste en estribos espaciados a intervalos variables a lo largo del eje longitudinal de la viga. Además, de contrarrestar los efectos de corte, el refuerzo transversal ayuda a mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada.

Si $V_r < V_{act} \rightarrow$ colocar S y longitud de confinamiento

Si $V_r > V_{act} \rightarrow$ por armado estribos a $S_{ma} = d/2$

Donde:

$$V_r = \phi \times 0,53 \times \sqrt{f'c} \times (b \times d)$$

Referencia a código ACI, sección 9.3.2.3

V_r = resistencia del concreto a corte

V_{act} = esfuerzo cortante actuante

S = espaciamiento

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 30 \times 56 \rightarrow 12\,664,36 \text{ kg}$$

Según el diagrama presentado en la figura 25, se tiene un corte actuante máximo en la viga de 17 292,07 kilogramos. Por lo tanto se procede a calcular el espaciamiento y longitud de confinamiento.

- Cortante actuante

$$V_{act} = \frac{V_u}{b \times d} = \frac{17,292,07}{30 \times 56} \rightarrow 10,29 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Fuente: código ACI, sección 11.1.1

- Cortante resistente

$$V_r = \phi \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{280} \rightarrow 7,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Espaciamiento

$$S = \frac{A_{varilla} \times f_y}{(V_{act} - V_r) \times b} \rightarrow \frac{2 \times 0,71 \times 4\,200}{(10,29 - 7,54) \times 30} \rightarrow 72,29 \text{ cm}$$

Fuente: código ACI, sección 11.4.7.2

- Confinamiento

Según la sección 21.5.3.1 del ACI 318-08 dice que estribos cerrados para el confinamiento se colocan en las regiones:

- En una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.
- En longitudes iguales a dos veces la altura del elemento a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

$$\text{Longitud de Confinamiento} = 2 \times h \rightarrow (2) (60 \text{ cm}) = 120 \text{ cm}$$

La sección 21.5.3.2 indica que el primer estribo cerrado para el confinamiento debe estar situado a no más de 50 milímetros de la cara del elemento de apoyo. Además, el espaciamiento en la zona de confinamiento de los estribos no debe exceder el menor de:

1. $d/4 = 56/4 \rightarrow 14 \text{ cm}$
2. $8 \times \phi \text{ varilla longitudinal} = 8 \times 1,90 \rightarrow 15,24 \text{ cm}$
3. $24 \phi \text{ varilla transversal} = 24 \times 0,95 \rightarrow 22,86 \text{ cm}$
4. 30 cm

Tomando el menor valor, el espaciamiento en la zona de confinamiento es de 10 cm y resto a cada 25 cm.

Como todas las barras continuas serán traslapadas con la longitud requerida, las secciones 12.15.1 y 12.15.2 del ACI 318-08, indican que se utilice un traslape clase B. La longitud requerida para el traslape = $1,3 l_d \geq 30$ centímetros.

Basado en lo anterior se puede construir la siguiente tabla.

Tabla LIII. Longitud de desarrollo para armado de vigas

Barra	Longitud de desarrollo [l_d] cm	
No. 5	Superior	50
	Inferior	40
No.6	Superior	60
	Inferior	45

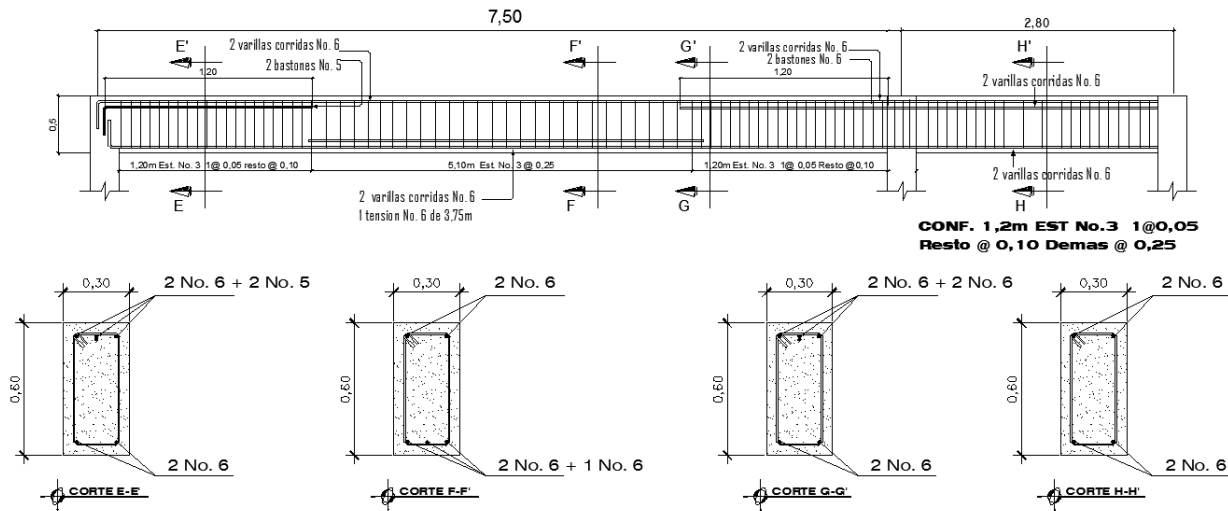
Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. Longitud de anclaje para barras en tensión

Barra	Longitud de anclaje
No. 5	25
No.6	30

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Armado de viga 1N -4A-4B del módulo I, nivel 1



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

Las varillas No. 3 que se encuentran en la línea intermedia de la viga son una recomendación del ACI 318-08, cuando las vigas tienen un peralte de 50 cm o mayor, se debe colocar un refuerzo de diámetro igual o mayor al del refuerzo a corte.

2.1.8.3.2. Diseño de columnas

Las columnas son elementos verticales que trasladan la carga completa del edificio hacia la cimentación.

Estos elementos se encuentran sometidos, principalmente, a esfuerzos de compresión axial y momentos flexionantes. Se diseña únicamente la columna crítica para el nivel completo. En este diseño se contemplan únicamente las columnas que se encuentran sometidas a los mayores esfuerzos de cada nivel. El resultado del diseño es aplicado a todas las columnas del nivel al que corresponde.

Requisitos para columnas según ACI 318-08:

- i. El número mínimo de barras longitudinales en elementos sometidos a compresión debe ser de 4 para barras dentro de estribos rectangulares, según sección 10.9.2.
- ii. El área de refuerzo longitudinal no debe ser menor que $0,01A_g$ ni mayor que $0,06A_g$, según sección 21.6.3.1.

Tabla LV. **Datos para el diseño de columna crítica 1N-9B**

Datos de columna		
Mx (nivel 1)	14 546,07	kg-m
My (nivel 1)	10 155,01	kg-m
Mx (nivel 2)	15 769,77	kg-m
My (nivel 2)	3 711,64	kg-m
Vact (nivel 1)	4 652,88	kg
Vact (nivel 2)	2 934,41	kg
Ln (nivel 1)	4,20	m
Ln (nivel 2)	2,80	m
Área tributaria	38,63	m ²
Dimensiones de columna	40 x 40	cm

Fuente: elaboración propia con datos tomados del software Etabs.

- Carga axial

En la sección de este documento 2.1.3.2 de predimensionamiento de columnas se integró la carga axial aplicada a esta columna tomando el dato de esta.

$$P = 50\,295,32 \text{ kg}$$

- Esbeltez en columnas

La esbeltez se define a partir de la relación de longitud y la sección transversal. Para determinar la esbeltez se tiene la siguiente expresión:

$$E = \frac{K_p \times L_n}{r}$$

Fuente: código ACI, sección 10.10.6.3

Donde:

K_p = factor de pandeo (monograma de Jackson)

$$\text{Dado por } \psi_A = \frac{\sum K_{\text{col}}}{\sum K_{\text{vigas}}}; \quad \psi_B = \frac{\sum K_{\text{col}}}{\sum K_{\text{viga}}}$$

ψ_A, ψ_B = grado de empotramiento a la rotación

L_n = longitud efectiva de pandeo

r = 30% x el lado menor de columna

Tabla LVI. **Clasificación de columnas por su esbeltez**

Clasificación	Rango
Columna corta	$E < 22$
Columna intermedia	$22 < E < 100$
Columna esbelta	$E > 100$

Fuente: ACI 318S-08 SECCION 10.10.

Tabla LVII. **Esbeltez de columna de primer nivel 1N-9B sentido x, sentido y, respectivamente**

Grado de empotramiento		Kp	E	Clasificación
ψ_B	0,23	1,05	36,75	Columna intermedia
ψ_A	0			

Grado de empotramiento		Kp	E	Clasificación
ψ_B	0,25	1,05	36,75	Columna intermedia
ψ_A	0			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Esbeltez de columna de primer nivel 2N-9B sentido x, sentido y, respectivamente**

Grado de empotramiento		Kp	E	Clasificación
ψ_B	0,14	1,1	25,67	Columna intermedia
ψ_A	0,23			

Grado de empotramiento		Kp	E	Clasificación
ψ_B	0,15	1,08	25,20	Columna intermedia
ψ_A	0,25			

Fuente: elaboración propia.

Los valores de Kp fueron calculados con base en el monograma de Jackson que se encuentra en el capítulo 10 de ACI 318-08 sección 10.10.1.

De acuerdo con los valores de esbeltez obtenidos en las tablas LVII y LVIII, las columnas se clasifican como intermedias, por lo tanto se procede a magnificar los momentos actuantes.

El magnificador de momentos (δ) es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas, para evitar el pandeo.

El procedimiento para la magnificación de momentos se realiza según la sección 10.10 del ACI 318-08, y para ello se tiene la siguiente expresión:

$$M_c = \delta_{ns} \times M_u$$

Donde:

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} = > 1$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(K_p \times L_u)^2}$$

$$EI = \frac{0,4E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{C M_u}{C_u}$$

M_c = momento mayorado amplificado

M_u = momento último

C_m = factor del efecto de extremo igual a 1

E_c = módulo de elasticidad del concreto igual a $15\,100 \sqrt{f'_c}$

I_g = Inercia del elemento

β_d = factor de flujo plástico ($0 \leq \beta_d \leq 1$)

A continuación se desarrolla la magnificación de momentos para la columna del segundo nivel en sentido X y Y.

$$\beta_d = \frac{1,4 \times 15\,515,42}{1,4 \times 15\,515,42 + 1,7 (14,06 \times 200 + 5,25 \times 500)} \rightarrow 0,7015$$

$$EI = \frac{0,4 \times 15\,100 \sqrt{281} \times \frac{40^4}{12}}{1 + 0,7015} \rightarrow 1,269 \times 10^{10} \text{ kg-cm}^2$$

$$p_{cx} = \frac{\pi^2 \times 1,269 \times 10^{10}}{(1,05 \times 420)^2} \rightarrow 644\,189,76$$

$$p_{cy} = \frac{\pi^2 \times 1,269 \times 10^{10}}{(1,05 \times 420)^2} \rightarrow 644\,189,76$$

$$\delta_{nsx} = \frac{1}{1 - \frac{48\,262,85}{0,75 \times 644\,189,76}} = 1,11 = > 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\delta_{nsy} = \frac{1}{1 - \frac{48\,262,85}{0,75 \times 644\,189,76}} = 1,11 = > 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$M_{cx} = 1,11 \times 14\,546,07 = 16\,146,14 \text{ kg-m}$$

$$M_{cy} = 1,11 \times 10\,155,01 = 11\,272,06 \text{ kg-m}$$

- Refuerzo longitudinal

El refuerzo longitudinal en columnas puede diseñarse por varios métodos según el tipo de cargas al que se encuentra sometida la misma. En este caso, las columnas son del tipo axial y momento biaxial.

El método a emplear es el desarrollado por Bresler, el cual es un método sencillo que consiste en que dado un sistema de cargas actuantes, se debe calcular el sistema de cargas resistentes, la expresión utilizada es:

$$\frac{1}{P_{nu}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o}$$

- Límites de acero

$$A_{smax} = 6\%A_g \rightarrow (0,06 \times 40 \times 40) = 96 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 1\%A_g \rightarrow (0,01 \times 40 \times 40) = 16 \text{ cm}^2$$

Para el refuerzo longitudinal se propone utilizar 4 varillas número 8 y 4 varillas número 4 que es igual a 25,33 centímetros cuadrados, y un recubrimiento de 5 centímetros.

- Método de Bresler

Continuando con el diseño de acero longitudinal para la columna del primer nivel en sentido X y Y.

Valor de la Grafica

$$r = \frac{d - d'}{h} \rightarrow \frac{35 - 5}{40} = 0,75$$

Valor de la curva

$$\rho\mu = \frac{A_s}{A_g} \left(\frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \right) \rightarrow \frac{25,33}{1\,600} \left(\frac{4\,200}{0,85 \times 281} \right) = 0,278$$

Excentricidades

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} \rightarrow \frac{16\,146,14}{50\,295,32} = 0,32 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} \rightarrow \frac{11\,272,06}{50\,295,32} = 0,23 \text{ m}$$

Valor de las Diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} \rightarrow \frac{0,32}{0,4} = 0,80$$

$$\frac{e_y}{h_x} \rightarrow \frac{0,23}{0,4} = 0,58$$

Con los valores obtenidos se buscan los valores de los coeficientes K_x y K_y en el diagrama de interacción, obteniendo:

$$K_x = 0,22$$

$$K_y = 0,30$$

Cargas

$$P_{nx} = K_x \times f'_c \times A_g \rightarrow 0,22 \times 281 \times 40 \times 40 = 98\,912,00$$

$$P_{ny} = K_y \times f'_c \times A_g \rightarrow 0,30 \times 281 \times 40 \times 40 = 134,880$$

$$P_o = \phi(0,85f'_c(A_g - A_s) + A_s f_y \rightarrow 0,7(0,85 \times 281(1\,600 - 25,33) + 25,33 \times 4\,200 = 369,662,95$$

$$\frac{1}{P_{nu}} = \frac{1}{98\,912,00} + \frac{1}{134\,880} - \frac{1}{369\,662,95}$$

$$P_{nu} = 135\,870,95 \text{ kg}$$

$$P_u = 50\,295,32 \text{ kg}$$

$$P_{nu} > P_u \rightarrow \text{si cumple}$$

Debido a que P_{nu} es mayor que P_u , el área de acero propuesta sí soporta los esfuerzos a los que se encuentra sometido el elemento. Por lo que no es necesario aumentar el área de acero.

- Refuerzo transversal

Las columnas también se encuentran sometidas a esfuerzos de corte por lo que es necesario proveer refuerzo transversal en su armado. Además, Guatemala se considera un país sísmico y por ello, debe proveerse suficiente ductilidad mediante el confinamiento del refuerzo transversal en los extremos.

$$\text{si } V_r > V_{act} \rightarrow \text{se colocan estribos para armado de } S_{max} = d/2$$

$$\text{si } V_r < V_{act} \rightarrow \text{calcular } S \text{ y longitud de confinamiento}$$

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{281} \times 40 \times 35 = 10\,572,46 \text{ kg}$$

Según los datos presentados en la tabla LV, se tiene un corte máximo en la columna de 4 652,88 kilogramos, Por lo tanto, se colocan los estribos a un espaciamiento máximo de $d/2$,

$$S_{\max} = \frac{d}{2} \rightarrow \frac{35}{2} = 17,5 \rightarrow 15 \text{ cm}$$

Por lo tanto se colocarán estribos número 3 @ 15 cm.

- Confinamiento

Según la sección 21.6.4.1 del ACI 318-08 dice que debe suministrarse de refuerzo transversal en una longitud medida desde cada cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos. Dicha longitud no debe ser menor que la mayor de:

- $h = 40 \text{ cm}$
- $1/6L_n = 1/6 \times 280 \text{ cm} = 47 \text{ cm}$
- 45 cm

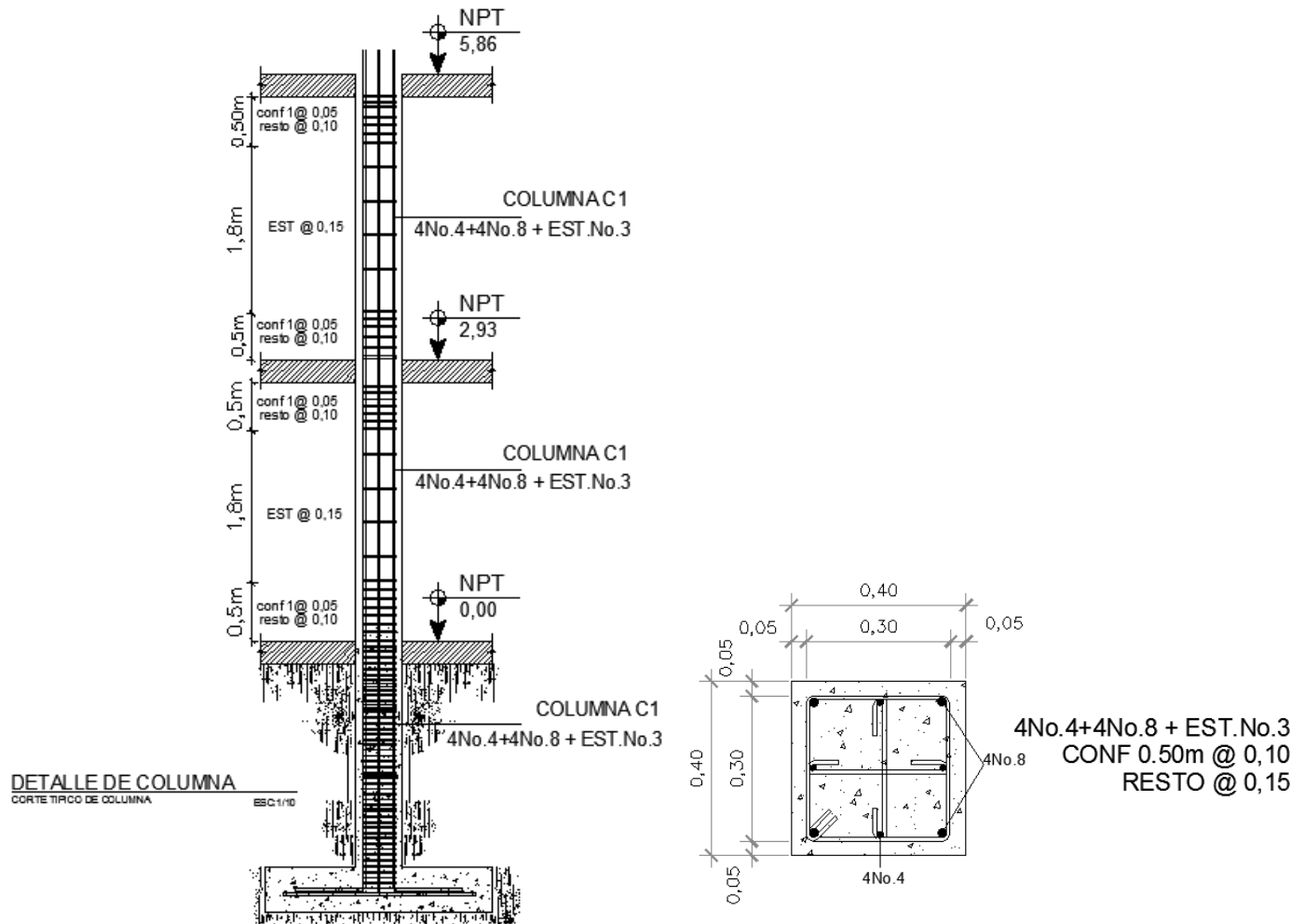
Según la sección 21.6.4.3, la separación del refuerzo transversal, a lo largo del eje longitudinal del elemento, no debe exceder el valor menor de:

- $1/4b = 1/4(40) = 10 \text{ cm}$
- $6 \times \phi \text{ Longitudinal} = 6 \times 2,54 = 15,24 \text{ cm}$

Por lo tanto la longitud de confinamiento es de 0,5 metros en ambos extremos de la columna con estribos número 3 a cada 0,10 metros.

El mismo procedimiento se desarrolla para el diseño del refuerzo longitudinal y transversal de la columna en el segundo nivel, proponiendo el mismo armado el cual cumple también con las condiciones presentadas.

Figura 29. Armado final de columna



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2014.

2.1.8.3.3. Diseño de losa para el primer nivel

Son elementos estructurales que, además de funcionar como diafragmas para transmitir cargas horizontales, también sirven como cubiertas que protegen de la intemperie y como entrepisos en el edificio.

Dependiendo de la geometría de la losa, esta puede trabajar en uno o ambos sentidos. Para saber cómo trabaja una losa se tiene la siguiente expresión:

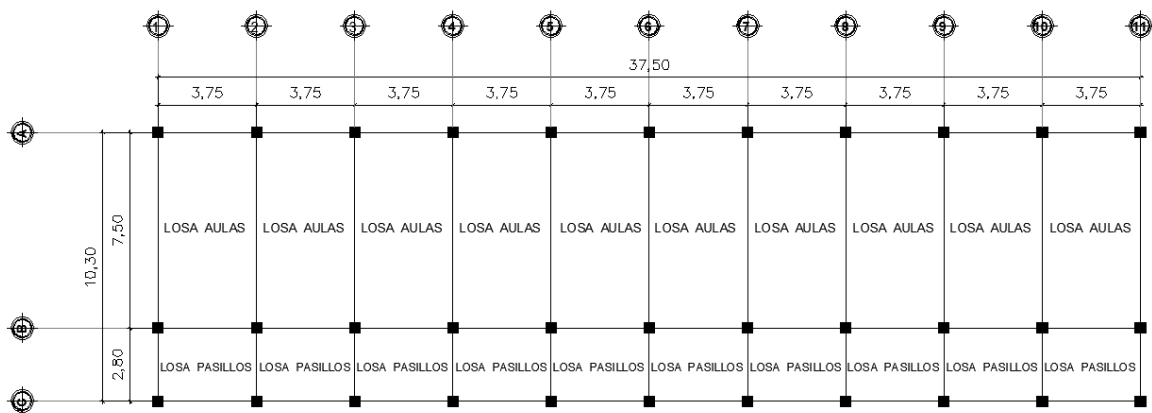
$$m = \frac{a \text{ lado menor}}{b \text{ lado mayor}}$$

Si $m \geq 0,50$ la losa trabaja en ambos sentidos

Si $m < 0,50$ la losa trabaja en un sentido

Ver sección 2.1.3.2 predimensionamiento de losa y tabla VII.

Figura 30. Planta típica de losas del primer nivel



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2014.

Todas las losas son del tipo 1 ya que trabajan en dos sentidos por lo tanto:

$$\text{losa aulas} = \frac{3,75}{7,5} = 0,5$$

$$\text{losa pasillos} = \frac{2,8}{3,5} = 0,75$$

Por lo tanto, las losas tipo 1 trabajan en ambos sentidos y para su diseño se emplea el método 3 del Código ACI 318-08, también conocido como el método de los coeficientes.

- Carga de diseño

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V$$

Para ambos tipos de losa la carga muerta es la misma.

$$C_M = 373 \text{ kg/m}^2 \times 1,4 \rightarrow 522,2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Losa aulas, } C_V = 200 \text{ kg/m}^2 \times 1,7 \rightarrow 340 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Losa pasillos, } C_V = 500 \text{ kg/m}^2 \times 1,7 \rightarrow 850 \text{ kg/m}^2$$

Datos de las cargas tomados de tablas IV y V,

$$\text{losa aulas } C_u = 522,20 + 340 = 862,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{losa pasillos } C_u = 522,20 + 850 = 1\,372,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Momentos actuantes

$$M_{i\pm} = C_{i\pm} \times W \times L^2_i$$

Donde:

$M_{i\pm}$ = momento en la dirección i

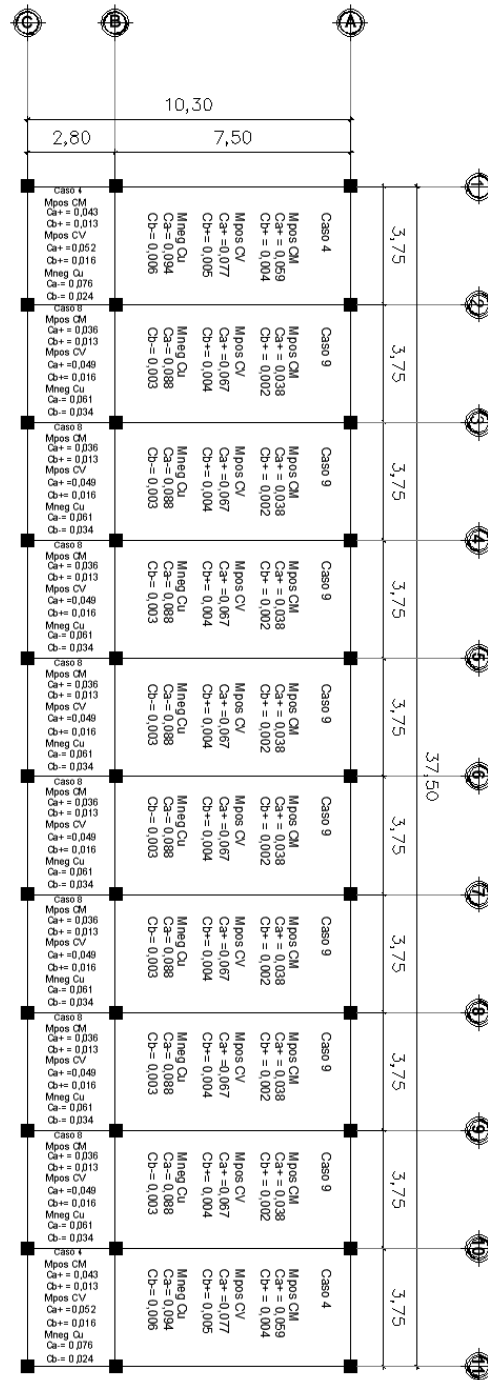
$C_{i\pm}$ = factor de distribución para el lado i

W = carga uniforme total

L = longitud en dirección i

Figura 31.

Coeficientes para momentos en losas en ambos sentidos



Fuente: elaboración Propia con programa Autocad 2 014.

Los coeficientes para momentos positivos y momentos negativos fueron obtenidos según su caso, respectivamente de las tablas 7.2 del ACI 318-08 para momentos en losas.

Losas del primer nivel caso 4, área de aulas.

- Momentos Flexionantes

M positivos:

$$M_{a+} = 0,059 \times 522,20 \times 3,75^2 + 0,077 \times 340 \times 3,75^2 = 801,42 \text{ kg-m}$$

$$M_{b+} = 0,004 \times 522,20 \times 7,50^2 + 0,005 \times 340 \times 7,50^2 = 213,12 \text{ kg-m}$$

M negativos

$$M_{a-} = 0,094 \times 862,20 \times 3,75^2 = 1\,139,72$$

$$M_{b-} = 0,006 \times 862,20 \times 7,50^2 = 290,99$$

Según el procedimiento anterior, se calculan los momentos restantes en todas las losas.

El balanceo de los momentos puede hacerse mediante un promedio de los valores, si se cumple la siguiente condición:

$$0,80 \times M_{\text{mayor}} < M_{\text{menor}}$$

Si no se cumple la condición, el balanceo de momentos se realiza por su rigidez. Para determinar el balance de momentos por rigideces se tiene la siguiente expresión:

$$M_{\text{bal}} = M \pm D_i(M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}})$$

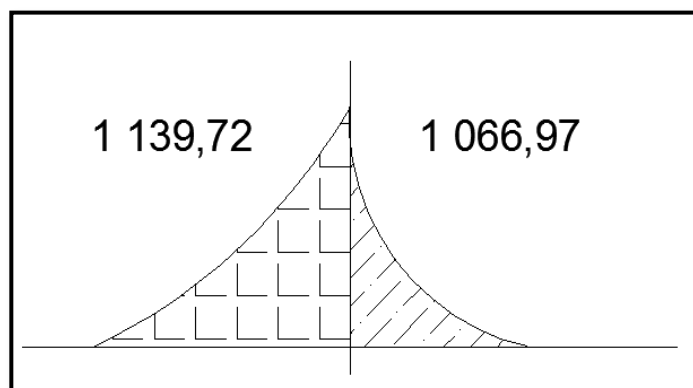
Donde:

$$D_i = \frac{K}{\sum K}$$

$$K = \frac{1}{L}$$

Balanceo de momentos 1:

Figura 34. **Balance de momentos 1**



Fuente: elaboración propia.

$$0,80 \times 1\,139,72 \text{ kg-m} < 1\,066,97 \text{ kg-m}$$

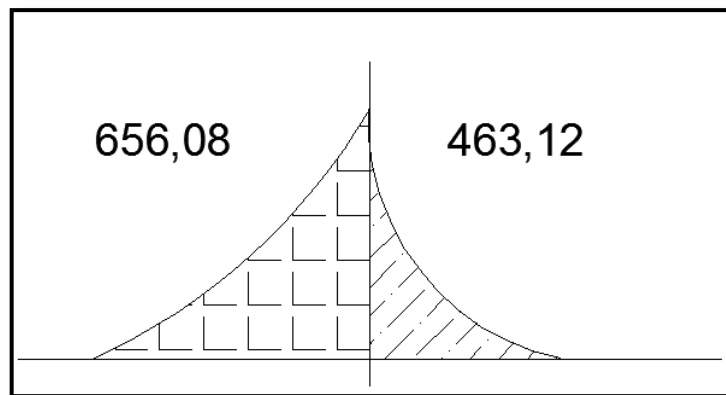
$$911,78 \text{ kg-m} < 1\,066,97 \text{ kg-m}$$

Cumple la condición. Esto indica que el balance de momentos puede realizarse mediante un promedio de los valores. Por lo tanto el momento balanceado corresponde a:

$$M_{bal} = \frac{1\,139,72 + 1\,066,97}{2} \rightarrow 1\,103,34 \text{ kg-m}$$

Balanceo de momentos 2

Figura 35. **Balance de momentos 2**



Fuente: elaboración propia.

$$0,8 \times 656,08 \text{ kg-m} < 463,12 \text{ kg-m}$$

$$524,87 \text{ kg-m} < 463,12 \text{ kg-m}$$

No cumple la condición, el balance de momentos se realiza por rigideces.

$$K1 = \frac{1}{3,75} \rightarrow 0,27$$

$$K2 = \frac{1}{3,75} \rightarrow 0,27$$

$$D1 = \frac{K1}{K1 + K2} \rightarrow \frac{0,27}{0,27 + 0,27} = 0,5$$

$$D2 = \frac{K2}{K2 + K1} \rightarrow \frac{0,27}{0,27 + 0,27} = 0,5$$

Comprobación:

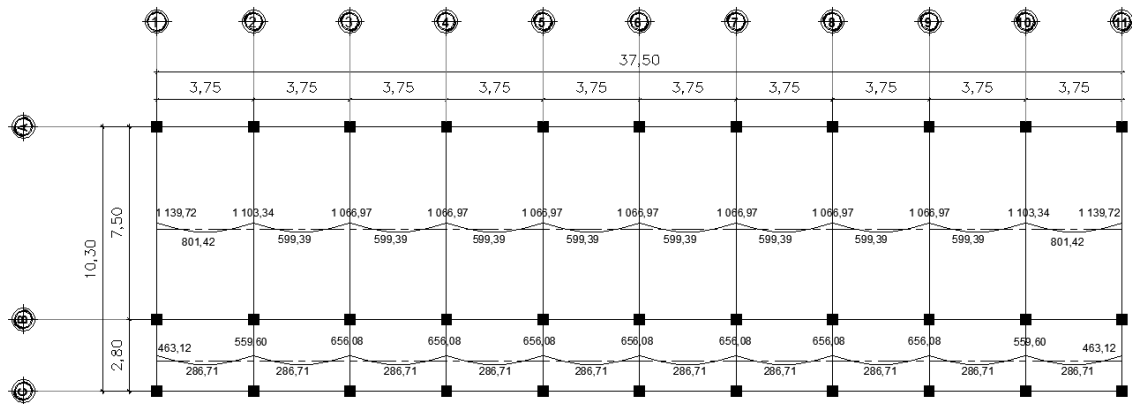
$$\sum D = 0,5 + 0,5 = 1$$

$$M_{bal} = 656,08 - 0,5(656,08 - 463,12) = 559,60$$

$$M_{bal} = 463,12 + 0,5(656,08 - 463,12) = 559,60$$

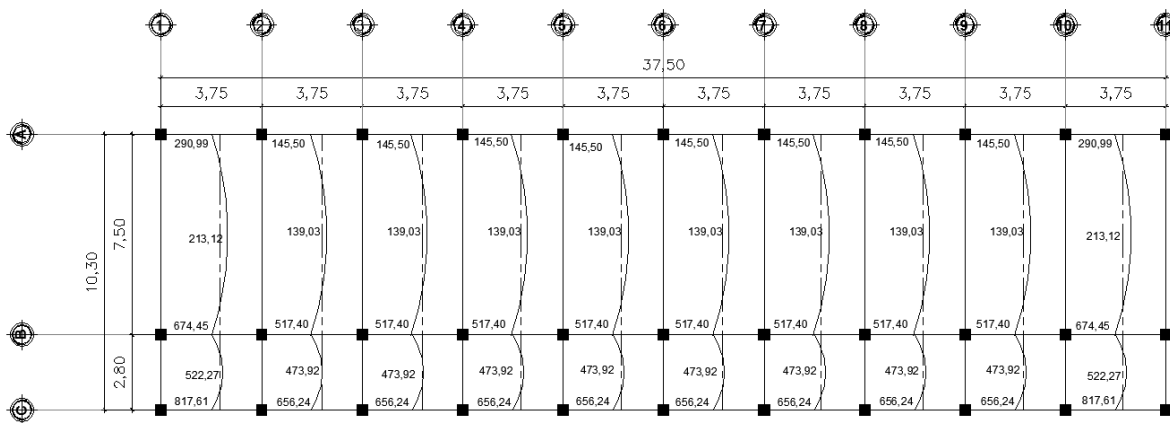
De igual manera se realiza el balance para todos los momentos que hagan falta.

Figura 36. **Momentos \pm balanceados de losas en primer nivel**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

Figura 37. **Momentos $b\pm$ balanceados de losas en primer nivel**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

- Diseño de Acero de refuerzo
 - Peralte efectivo

Para determinar el peralte efectivo en la losa, un recubrimiento de 2,5 centímetros.

$$d = t - \text{recubrimiento} \rightarrow 12 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} = 9,5 \text{ cm}$$

Donde:

t = espesor de la losa en cm

- Acero mínimo

Según la sección 10.5 del ACI 318-08 dice que para elementos sometidos a flexión el área de acero no debe ser menor a:

$$A_s \text{ min} = 40\% \left(\frac{14,1}{f_y} \right) (b_w \times d)$$

$$A_s \text{ min} = 0,4 \times 0,8 \sqrt{f'c} / f_y b_w d$$

Donde:

Fy = resistencia a compresión del concreto 281kg/cm²

Fy: esfuerzo de fluencia del acero igual a 4 200 kg/cm²

b_w: base unitaria igual a (100 cm)

d: peralte efectivo

$$A_s \text{ min} = 0,4 \left(\frac{14,1}{4\,200} \right) (100 \times 9,5) \rightarrow 1,27 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

$$A_s \text{ min} = 0,4 \times 0,8 \frac{\sqrt{281}}{4\,200} (100 \times 9,5) \rightarrow 1,21$$

Por lo tanto el acero mínimo es $1,27 \text{ cm}^2$

- Espaciamiento

Para determinar el espaciamiento del refuerzo en la losa, se tiene la siguiente expresión:

$$S = \frac{A_{s \text{ ref}} \times b_w}{A_s}$$

Donde:

$A_{s \text{ ref}}$ = área de refuerzo a utilizar.

b_w = base de 100 cm a utilizar

Según la sección 13.3.2 del ACI 310-08 dice que el espaciamiento del refuerzo no debe exceder dos veces el espesor de la losa.

$$S_{\text{max}} = 2 \times t = 2 \times 12 \rightarrow 24 \text{ cm}$$

Por facilidad se adoptará 20 centímetros para el espaciamiento máximo y el área de acero requería para dicho espaciamiento corresponde a:

$$A_s = \frac{0,71 \times 100}{20} \rightarrow 3,55 \text{ cm}^2$$

- Momento mínimo

$$M_{\text{min}} = \phi \times A_{s \text{ min}} \times f_y \times \left(d - \frac{A_{s \text{ min}} \times f_y}{1,7 \times f'_c \times b} \right)$$

Donde:

$f'c$ = resistencia específica a la compresión del concreto igual a 280 kg/cm²

$$M_{min} = 0,9 \times 3,55 \times 4\,200 \times \left(9,5 - \frac{3,55 \times 4\,200}{1,7 \times 280 \times 100} \right) \rightarrow 123\,277,20 \text{ kg-cm}$$

$$= 1\,232,80 \text{ kg-m}$$

Para los momentos menores al valor del momento mínimo, se utiliza el área de acero mínimo y para aquellos momentos que sobrepasan su valor se utiliza la siguiente expresión:

$$A_s = [b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0,003825 \times f'c}}] \times \frac{0,85 \times f'c}{f_y}$$

Tabla LIX. **Áreas de acero y separación para losas de primer nivel**

M _{minimo} [kg-m]	M _U [kg-m]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	S [cm]	S _{max} [cm]	Armado	Área
1 232,80	1 139,72	3,27	3,55	21	20	No.3 @ 0,20 m ambos lados	losa de pasillo y aulas

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el momento mínimo es mayor a los momentos máximos de diseño, la losa del primer nivel se diseña con el área de acero del momento mínimo.

- Chequeo por corte

Las losas están sometidas a esfuerzos de corte y sus materiales deben resistirlos. En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben ser resistidos únicamente por el concreto; por tal razón se debe chequear si el espesor de la losa es adecuado.

$$V_{actuante} < V_{resistente}$$

Donde:

$$V_{max} = \frac{CU \times a}{2}$$

$$V_c = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

CU = carga última de losa analizada

a = el lado más corto de la losa

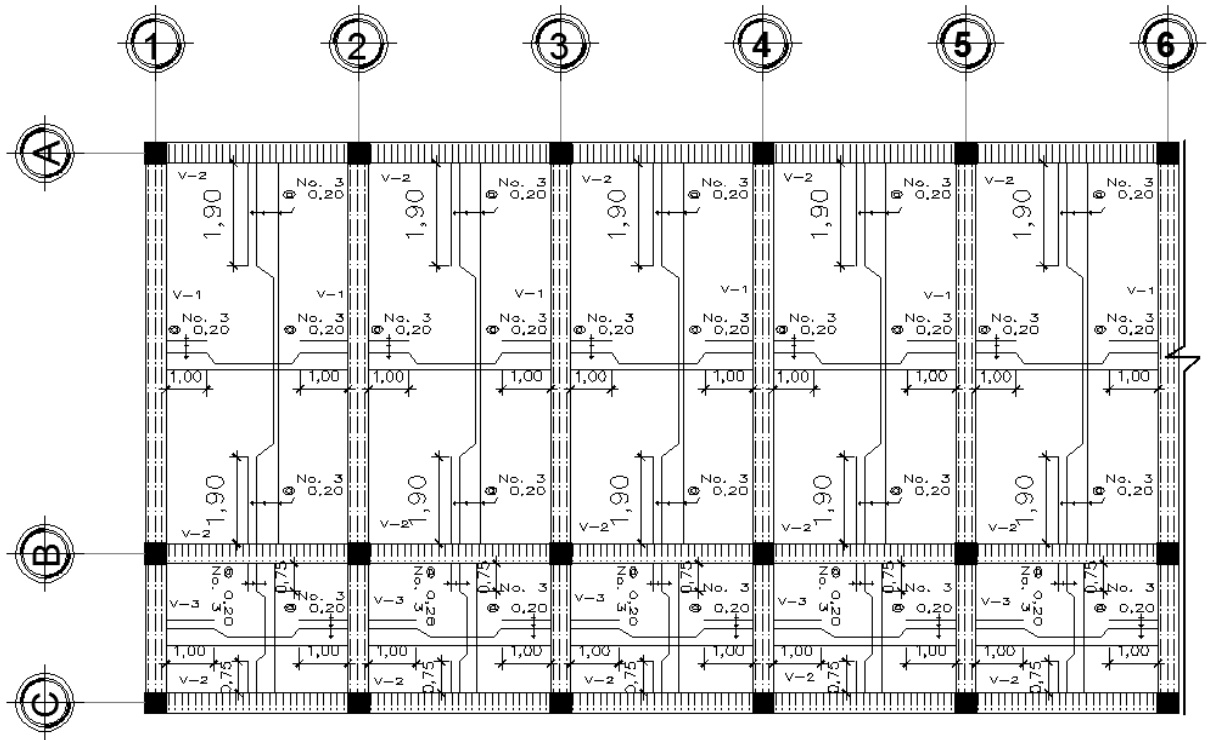
A continuación se verificará si el espesor de losa propuesto es el adecuado para las losas en dos direcciones del primer nivel.

$$\frac{1\,372,20 \times 2,8}{2} < 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 100 \times 9,5$$

$$1\,921,08 < 7\,161,39$$

Por lo tanto, el espesor de 12 centímetros es el adecuado para las losas de aulas y pasillo que trabajan en dos sentidos para el primer nivel. De igual manera se verifica en las demás losas, el resultado es que el espesor propuesto es adecuado para todas las losas.

Figura 38. **Detalle de armado de losa de primer nivel, módulo I**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

2.1.8.3.4. **Diseño de zapatas**

Son elementos que reciben las cargas propias de la estructura y las cargas externas aplicadas a la misma. Los cimientos se encargan de transmitir estas cargas al suelo. Para este proyecto se utilizó una cimentación superficial que consiste en zapatas aisladas de concreto reforzado.

- Diseño de zapata

Datos:

Carga última: 50 295,32 kg

Mx: 8 736,94 kg-m

My: 9 232,48 kg-m

Vs: 27 536,46 kg/m²

Peso específico del suelo: 1,35 kg/m³

Desplante: 1,50 m

Pesos específico del concreto: 2,400 kg/m³

- Cargas de trabajo:

$$P' = \frac{P_u}{f_{cu}}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{f_{cu}}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{f_{cu}}$$

Donde:

$$f_{cu} = \frac{C_u}{CM + CV}$$

Cu = carga axial última

Muy = momento último en y

Mux = momento último en x

$$F_{cu} = \frac{50\,295,32 \text{ kg}}{27\,504,66 \text{ kg} + 7\,368,00 \text{ kg}}$$

$$F_{cu} = 1,45$$

$$P_t = \frac{50\,295,32}{1,45} \rightarrow 34\,686,42 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = \frac{8\,736,94}{1,45} \rightarrow 6\,025,48 \text{ kg-m}$$

$$M_{ty} = \frac{9,232,48}{1,45} \rightarrow 6,367,23 \text{ kg-m}$$

- Área de zapata

$$A = \frac{1,45 \times 34\,686,42 \text{ kg}}{27\,536,46 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}} \rightarrow 1,83 \text{ m}^2$$

Si se propone una zapata cuadrada para cubrir 1,87 metros cuadrados solo se toma en cuenta la carga de trabajo y no la acción de momentos, por ello, que se proponen dimensiones de 1,90 x 1,90 metros.

- Comprobación de presión sobre el suelo.

Para realizar la comprobación se debe cumplir la condición:

$$q_{\max} < V_s$$

$$q_{\min} > 0$$

La sección 15.2.1 del ACI 318-08, permite calcular las presiones del suelo mediante:

$$q_{\max, \min} = \frac{P}{A} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

Donde:

$$S_x = S_y = \frac{1}{6}bh^2$$

$$P = P_u + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimientos}}$$

$$P_{\text{columna}} = 0,4 \times 0,4 \times (7,1) \times 2\,400 = 2\,726,4 \text{ kg}$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,90 \times 1,90 \times 1,5 \times 1\,350 = 7\,310,25 \text{ kg}$$

$$P_{\text{cimientos}} = 1,90 \times 1,90 \times 0,4 \times 2\,400 = 3\,465,6 \text{ kg}$$

$$P_u = 34\,686,42 \text{ kg}$$

$$P = 48\,188,67 \text{ kg}$$

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} \times 1,90 \times 1,90^2 \rightarrow 1,14$$

$$q_{\max} = \frac{48\,188,67}{1,90 \times 1,90} + \frac{6\,025,48}{1,14} + \frac{6\,367,23}{1,14} \rightarrow 24\,219,46 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\min} = \frac{48\,188,67}{1,90 \times 1,90} - \frac{6\,025,48}{1,14} - \frac{6\,367,23}{1,14} \rightarrow 2\,477,86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

La presión máxima no excede el valor soporte del suelo, y la presión mínima es mayor que cero, lo que indica que no existe presión negativa. Por lo tanto las dimensiones propuestas para la zapata son adecuadas.

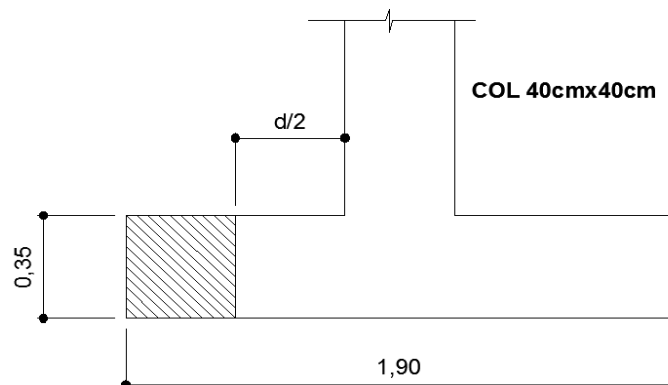
- **Espesor de zapata**

Según la sección 15.7 del ACI 318-08 dice que la altura de zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor que 0,15 metros para zapatas apoyadas sobre el suelo. De acuerdo con lo anterior, se propone un espesor de 35 centímetros con un recubrimiento de 7,5 centímetros.

- **Comprobación por corte simple**

La falla debido al esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual al peralte efectivo del borde de la columna. Por ello, se debe comprobar si en esa zona el peralte resiste el esfuerzo cortante.

Figura 39. Dimensiones para chequeo por corte simple para zapata



Fuente: elaboración propia AutoCAD 2 014.

- Recubrimiento

$$d = 35 - 7,5 = 27,5 \text{ cm}$$

- Corte actuante

$$q_{\text{diseño}} = q_{\text{max}} \times f_{cu} \rightarrow 24\,219,46 \times 1,45 = 35\,118,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$V_{\text{act}} = q_{\text{diseño}} \times A \rightarrow 35\,118,22 \times \left(\frac{1,90 - 0,4}{2} - 0,275 \right) \times 1,90 = 31\,694,19 \text{ kg}$$

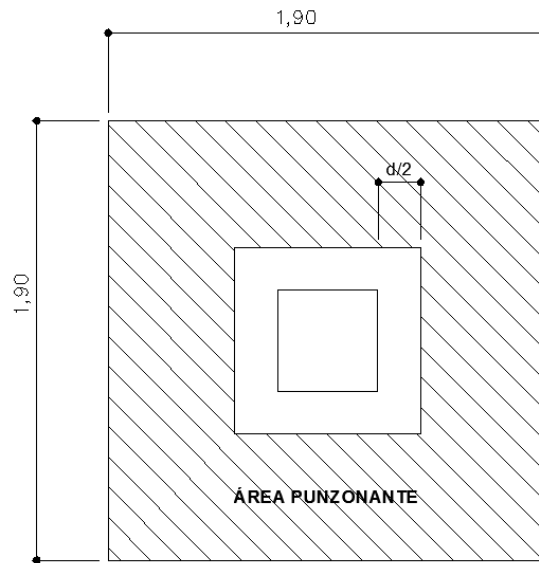
- Corte resistente

$$V_{\text{res}} = \phi \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} \times b d \rightarrow 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 190 \times 27,5 = 39\,387,65 \text{ kg}$$

El corte actuante es menor que el corte resistente. El espesor propuesto resiste el esfuerzo cortante, por lo tanto es adecuado.

Comprobación por corte punzante.

Figura 40. **Dimensiones del área punzante de la zapata**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

La zapata se encuentra sometida a esfuerzos de corte punzante a causa de los esfuerzos de corte que se producen en ella alrededor del perímetro de la columna. Esta falla ocurre a un límite de $d/2$ del perímetro de la columna.

$$\frac{d}{2} \rightarrow \frac{27,5}{2} = 13,75$$

- Área de punzonamiento

$$A_p = A_{zapata} - (c + d)^2 \rightarrow 3,61 - (0,40 + 0,275)^2 = 3,15 \text{ m}^2$$

- Perímetro de la sección de punzonamiento

$$B_o = 4(d+c) \rightarrow 4(0,275 + 0,4) = 2,7 \text{ m}$$

- Corte actuante

$$V_{act} = q_{diseño} \times A_p \rightarrow 35\,118,22 \times 3,15 = 110\,622,39 \text{ kg}$$

- Corte resistente

$$V_{res} = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{f'_c} \times B_o \times d$$

$$V_{res} = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{280} \times 270 \times 27,5 = 111\,943,86 \text{ kg}$$

El corte actuante es menor que el corte resistente. El peralte es adecuado y resiste el corte punzante.

- Refuerzo a flexión

El empuje hacia arriba del suelo produce momentos flectores en la zapata, por esa razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos.

El tramo de la zapata donde se debe reforzar por flexión, se analiza como una losa en voladizo. Debido a que la zapata es cuadrada y los momentos en los sentidos X y Y presentan similitud, el armado será similar para X y Y.

La sección 15.4.2 del código ACI 318-08 permite tomar la sección crítica ubicada en el rostro de la columna.

$$M_u = \frac{q_{diseño} \times L^2}{2} \rightarrow \frac{35\,118,22 \times \left(\frac{1,90 - 0,40}{2}\right)^2}{2} = 9\,877,00 \text{ kg-m}$$

Definido el momento producido por el empuje del suelo, se determina el área de acero.

$$A_s = [190 \times 27,5 - \sqrt{(190 \times 27,5)^2 - (\frac{9,877 \times 190}{0,003825 \times 280})}] \times \frac{0,85 \times 280}{4 \times 200} = 9,65 \text{ cm}^2$$

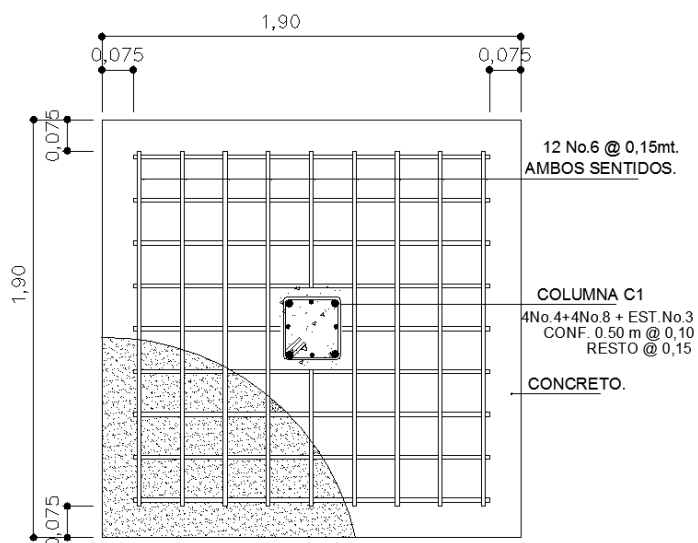
- Cálculo de Acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{14,1 \times 185 \times 27,5}{4 \times 200} = 17,07 \text{ cm}^2$$

Debido a que el acero mínimo es mayor que el acero requerido, se utiliza el acero mínimo. Luego, se calcula el espaciamiento del refuerzo con varilla número 6 como propuesta de armado.

$$S = \frac{No, 6 \rightarrow 2,85 \text{ cm}^2}{17,07 \text{ cm}^2} = 0,15 \text{ cm}$$

Figura 41. Armado final en planta de zapata



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

2.1.8.3.5. Diseño de zapata combinada

El valor de la carga admisible del suelo, el peralte de la sección, y la presión equivalente se consideran tal cual lo indicado en la sección 4.1.8.2.4 para el diseño de la zapata combinada para las columnas C11 y D11 del módulo II.

Tabla LX. Cargas ultimas sobre columna C11 y D11

Columna D11	Columna C11
$P_u = 40\,221,31\text{ kg}$	$P_u = 29\,511,54\text{ kg}$
$M_{xu} = 7\,729,78\text{ kg-m}$	$M_{xu} = 7\,278,78\text{ kg-m}$
$M_{uy} = 5\,957,12\text{ kg-m}$	$M_{uy} = 9\,572,47\text{ kg-m}$

Fuente: elaboración propia.

Siguiendo un procedimiento similar al indicado en la sección 2.1.8.3.4, se calculan las cargas de servicio, se verifican las presiones sobre el suelo para el efecto combinado de la carga axial de las dos columnas y los momentos flexionantes, de la siguiente manera:

- Área requerida para la zapata

Luego de un proceso iterativo, se ha obtenido que el área de zapata requerida (dimensiones de 3,5 x 2,00 metros) por las solicitaciones de presión admisible es 7 metros cuadrados.

$$P_{total} = P_u + Y_{suelo} + D_f A_{zap} + Y_{conc} A_{zap} t$$

$$P_{total} = 48\,091,62 + (1\,350 \times 1,50 \times 7) + (2\,400 \times 7 \times 0,50)$$

$$P_{total} = 70\,666,62 \text{ kg}$$

- Presión de apoyo (de diseño)

$$q_d = \frac{P_{total}}{A_{zap}} = \frac{70\,666,62}{7}$$

$$q_d = 10\,095,23 \text{ kg/m}^2$$

- Diagramas de corte y momento

El sentido largo de la zapata combinada puede tratarse como una viga larga invertida, de manera que tiene una carga uniformemente de:

$$\omega = q_d + B$$

$$\omega = 10\,095,23 \times 2$$

$$\omega = 20\,190,46 \text{ kg/m}^2$$

El análisis correspondiente es el mismo que se realizaría, de manera general, para una viga simplemente apoyada (isostática), ver figura 42.

- Chequeo de peralte a corte directo

Debe revisarse la capacidad de la sección al corte directo en la columna crítica, a una distancia “d” del rostro interno de la columna C11.

Cálculos y discusión

Del diagrama de corte y momento se tiene un valor de corte actuante crítico de $P_u = 4\,475,38$ kilogramos.

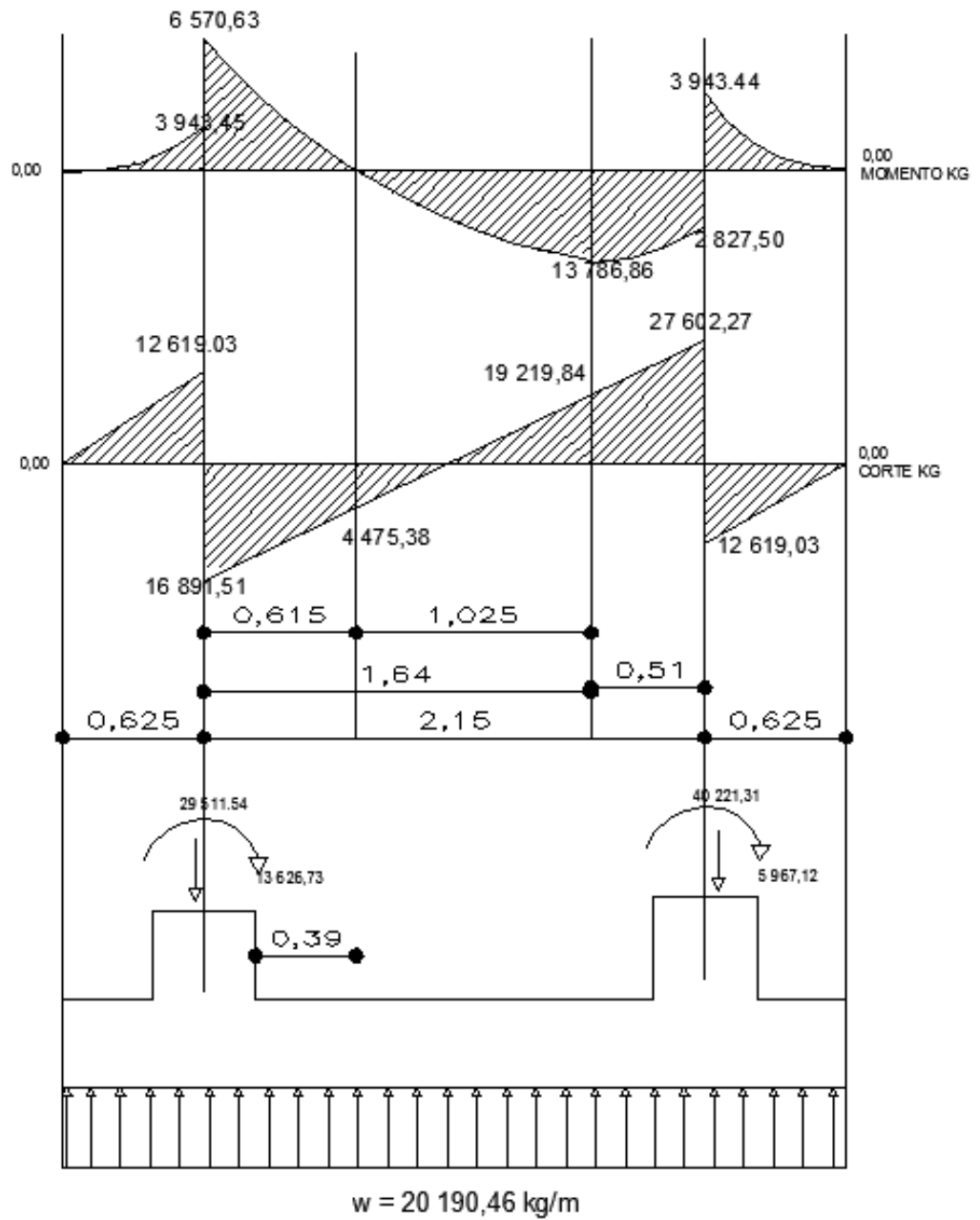
Cálculo de la resistencia del concreto a corte, de la sección 11.2.1.1 y 9.3.2.3 del código ACI 318-08.

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 200 \times 39$$

$$\phi V_c = 51\,881,28 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 51\,881,29 \gg V_u = 4\,475,38 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

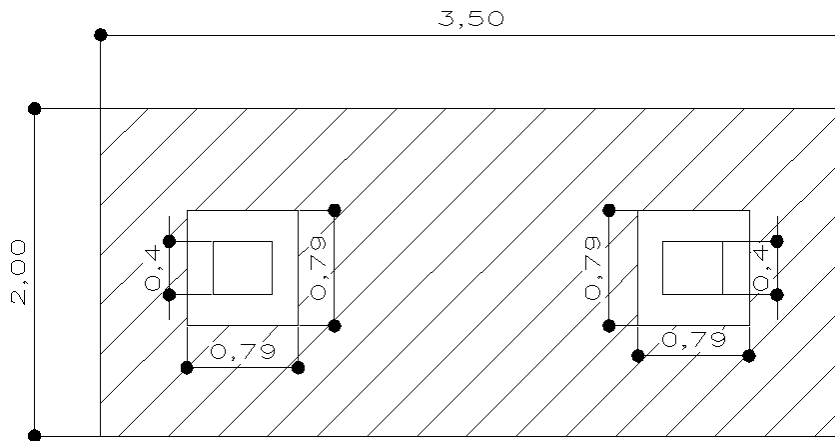
Figura 42. Diagrama de corte y momento para zapata combinada



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014

- Chequeo de peralte por punzonamiento

Figura 43. **Áreas tributarias para corte por punzonamiento**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

- Corte actuante

Debe realizarse un chequeo para cada columna, considerando que el área de punzonamiento, para cada columna, es la zona no *ashurada* de la figura 42.

$$V_u = P - (A_o \times q_d)$$

P = carga axial [kg]

q_d = presión de apoyo de diseño [kg/m²]

A_o = área de punzonamiento [m²]

$$A_o = 0,79 \times 0,79 = 0,62 \text{ m}^2$$

Para la columna C11 se tiene un corte actuante de:

$$V_u = 40\,221,31 - (0,62 \times 10\,095,23)$$

$$V_u = 33\,962,26 \text{ kg}$$

Para la columna D11 se tiene un corte actuante de:

$$V_u = 2\,511,54 - (0,62 \times 10\,095,23)$$

$$V_u = 23\,252,50 \text{ kg}$$

Cálculos y discusión

Cálculo de la resistencia del concreto a corte sección 11.11.2.1 del código ACI 318-08.

$$\frac{V_c}{\lambda \sqrt{f'_c} b_o d} < \begin{cases} 0,53 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \\ 0,27 \left(\frac{\alpha_{sd}}{b_o} + 2 \right) \\ 1,0 \end{cases}$$

$$b_o = 4 \times 79 = 316 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{3,50}{2,15} = 1,75$$

$$\alpha_s = 40 \text{ columna interior}$$

Sección 11.11.2.1; 9.3.2.3 y 8.6.1 del código ACI 318-08.

$$\frac{V_c}{\lambda \sqrt{f'_c} b_o d} < \begin{cases} 0,53 \left(1 + \frac{2}{1,75} \right) = 1,13 \\ 0,27 \left(\frac{40 \times 39}{316} + 2 \right) = 1,87 \\ 1,0 \text{ (gobierna)} \end{cases}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\lambda = 1,00 \text{ (concreto de peso normal)}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 1,0 \times \sqrt{280} \times 316 \times 39$$

$$\phi V_c = 154\,664,97 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 164\,453,89 \gg V_u \text{ de cualquier columna} \rightarrow \text{OK}$$

- Diseño a flexión en sentido longitudinal

Cálculos y discusión

Del diagrama de momentos de la figura 42, se tiene que el momento crítico es $M = 13\,186,86$ kilogramos/metro.

Cálculo del área de acero requerida

Se asumirá que la sección se encuentra en tensión, por lo que $\phi = 0,90$. Del código ACI 318-08, sección 10.3.4; 9.3.2.1.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{13\,186,86 \times 100}{0,9 \times 200 \times 39^2} = 4,82$$

$$\rho = \frac{0,85f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f'_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \times 280}{4\,200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6,52}{0,85 \times 280}} \right) \rightarrow \rho = 0,0016$$

Se debe chequear la cuantía con la cuantía mínima permitida para el refuerzo grado 60 propuesto. Sección 10.5.1 del código ACI 318-08.

$$\rho_{\min} = \frac{0,8 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,8 \sqrt{280}}{4\,200} = 0,0031 \geq \frac{14}{f_y} = \frac{14}{2\,400} = 0,0033 \text{ (OK)}$$

Nótese que:

$$\rho = 0,0015 < \rho_{\min} = 0,0033$$

Por lo que debe utilizarse el refuerzo mínimo.

El área de acero requerida es:

$$\rho_{\min} = 0,00333$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} b d$$

$$A_{s\min} = 0,0033 \times 200 \times 39$$

$$A_{s\min} = 25,74 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 13 No.5 ($A_s = 25,81$ centímetros cuadrados)

- Chequeo del espaciamiento del refuerzo

El espaciamiento de las barras depende de las dimensiones, y puede calcularse de la siguiente manera:

$$s = \frac{B - 2r - d_b}{N_o, \text{ barras} - 1} = \frac{200 - (2 \times 7,5) - 1,59}{13 - 1} = 15,28 \text{ cm}$$

Se usará un espaciamiento de barras igual a $s = 15$ centímetros. Según la sección 15.10.4, el espaciamiento máximo permitido es 45 centímetros.

$$S = 15 < 45 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

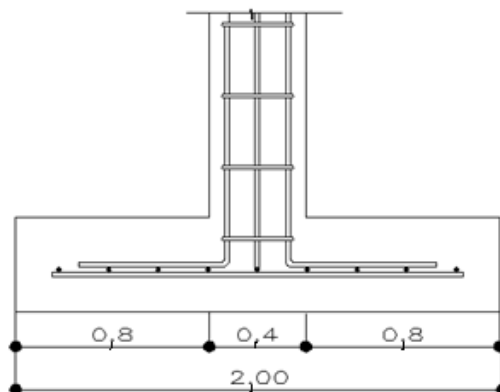
- Diseño a flexión en sentido transversal

En el sentido corto de la zapata combinada la carga uniformemente distribuida sobre su longitud es:

$$\omega = \frac{P}{B} = \frac{48\,091,62}{2}$$

$$\omega = 24\,045,81 \text{ kg/m}^2$$

Figura 44. **Cálculo de momento crítico en sentido transversal de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

- Cálculo de momento en la sección crítica

La sección 15.4.2 del código ACI 318-08 permite tomar la sección crítica ubicada en el rostro de la columna. Las dimensiones se muestran en la figura 40.

$$M = 24\,045,81 \times \frac{0,8^2}{2}$$

$$M = 7\,694,66 \text{ kg-m}$$

Suponiendo que el acero debe extenderse sobre un ancho de banda (l'), bajo cada columna, de:

$$l' = 40 + 2 \left(\frac{39}{2} \right)$$

$$l' = 79$$

- Cálculos y discusión

Cálculo del área de acero requerida:

Se asumirá que la sección se encuentra en tensión, por lo que $\phi = 0,90$. Referencia a código ACI 318-08, sección 10.3.4; 9.3.2.1; 10.5.1.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{7\,694,66 \times 100}{0,9 \times 79 \times 39^2} = 7,12$$

$$\rho = \frac{0,85f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f'_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \times 280}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 7,12}{0,85 \times 280}} \right) \rightarrow \rho = 0,0018$$

Nótese que:

$$\rho = 0,0018 < \rho_{\min} = 0,0033$$

El área de acero requerida es:

$$\rho_{\min} = 0,00333$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} b d$$

$$A_{s\min} = 0,0033 \times 79 \times 39$$

$$A_{s\min} = 10,167 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 6 No. 5 ($A_s = 11,91$ centímetros cuadrados)

- Chequeo del espaciamiento del refuerzo

$$s = \frac{B - 2r - db}{\text{No. barras} - 1} = \frac{79}{5} = 16 \text{ cm}$$

Se usará un espaciamiento de barras igual a $s = 15$ centímetros. Según la sección 15.10.4, el espaciamiento máximo permitido es 45 centímetros.

$$S = 15 < 45 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

- Refuerzo mínimo (por retracción y temperatura)

La sección 7.12.2.1 del ACI 318-08, indica que debe colocarse refuerzo por temperatura con la cuantía mínima de:

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

Se analiza una franja unitaria de ancho (b) igual a 100 centímetros.

$$A_{s\min} = \rho_{\min} b d$$

$$A_{s\min} = 0,0018 \times 100 \times 39$$

$$A_{s\min} = 7,02 \text{ cm}^2$$

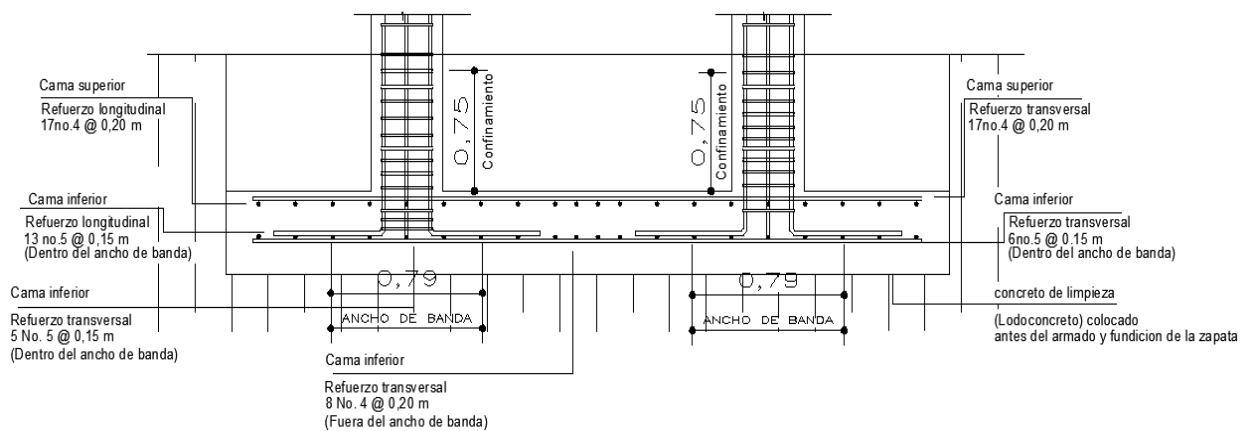
- Espaciamiento del refuerzo a flexión

El espaciamiento requerido por el refuerzo mínimo (por retracción y temperatura) es, por regla de tres, utilizando refuerzo No.4:

$$\frac{7,02 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}} = \frac{1,27 \text{ cm}^2}{s} \rightarrow s = 18 \text{ cm} < S_{\max}$$

Por lo que se colocará refuerzo No. 4 a 20 centímetros en ambos sentidos.

Figura 45. **Detalle de armado de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

2.1.8.3.6. Diseño de gradas

La forma y disposición que se le da a un módulo de gradas depende principalmente de las dimensiones e importancia de la edificación, del espacio que el proyecto les otorgue y finalmente del material y tipo de construcción escogida.

Una escalera debe ser cómoda y segura, dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella (H) y contrahuella (C). Por ello, debe cumplir con los siguientes criterios:

- a) Contra huella (C) $\leq 0,20$ m
 - b) Huella (H) $>$ Contrahuella (C)
 - c) $2C + H \leq 0,64$ m (valor cercano)
 - d) $C + H = 0,45 - 0,48$ m
 - e) $CH = 480 \text{ cm}^2 - 500 \text{ cm}^2$
- Relaciones de comodidad:

Se propone una contrahuella de 16,5 cm y una huella de 30 cm

$$\text{No, de escalones} = \frac{3,2 \text{ m}}{0,165 \text{ m}} \rightarrow 19,39 = 20 \text{ escalones}$$

Se chequea que cumpla con los criterios antes previstos:

$$C = 16,5 \text{ cm}; H = 30 \text{ cm}$$

- a) $C = 16,5 \text{ cm} \leq 0,20 \text{ m} \rightarrow \text{cumple}$
- b) $30 \text{ cm} > 16,5 \text{ cm} \rightarrow \text{cumple}$

c) $2 \times 16,5 + 30 = 63 \rightarrow \text{cumple}$

d) $16,5 + 30 = 46,5 \rightarrow \text{cumple}$

e) $16,5 \times 30 = 495 \rightarrow \text{cumple}$

Como toda revisión, se tienen 20 contrahuellas de 16,50 cm, 20 huellas de 30 cm.

- Espesor de losa

Para ello, se utiliza el espesor dado por el ACI 318-08, para losas en una dirección según sección 9.5.3.3.

L como una longitud inclinada

$$t = \frac{L}{33} \rightarrow \frac{3,75}{33} = 12 \text{ cm}$$

- Integración de cargas

- CM

$$P_p = 2,400 \times \left(0,12 + \frac{0,165}{2} \right) = 486 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Acabados } 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{CM} = 486 + 60 = 546 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- CV

$$\text{Cv} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Cu} = 1,4\text{Cm} + 1,6\text{Cv}$$

$$CU = (1,4 \times 546) + (1,6 \times 500) = 1\,564,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Según ACI 318-08 los momentos actuantes en la losa son:

$$M(-) = \frac{WL^2}{9} \rightarrow \frac{1\,564,40 \times 3,75^2}{9} = 2\,444,37 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = \frac{WL^2}{14} \rightarrow \frac{1\,564,40 \times 3,75^2}{14} = 1\,571,38 \text{ kg-m}$$

- Acero de refuerzo

Para el diseño del acero de refuerzo se utilizará una franja unitaria de 1 metro de largo. Además se usará un peralte efectivo de la losa igual a 14 centímetros.

$$As+ = [100 \times 12 - \sqrt{(100 \times 12)^2 - \left(\frac{1\,564,40 \times 100}{0,003825 \times 280}\right)}] \times \frac{0,85 \times 280}{4\,200} = 3,77 \text{ cm}^2$$

Se colocará refuerzo No.3 @ 15 cm

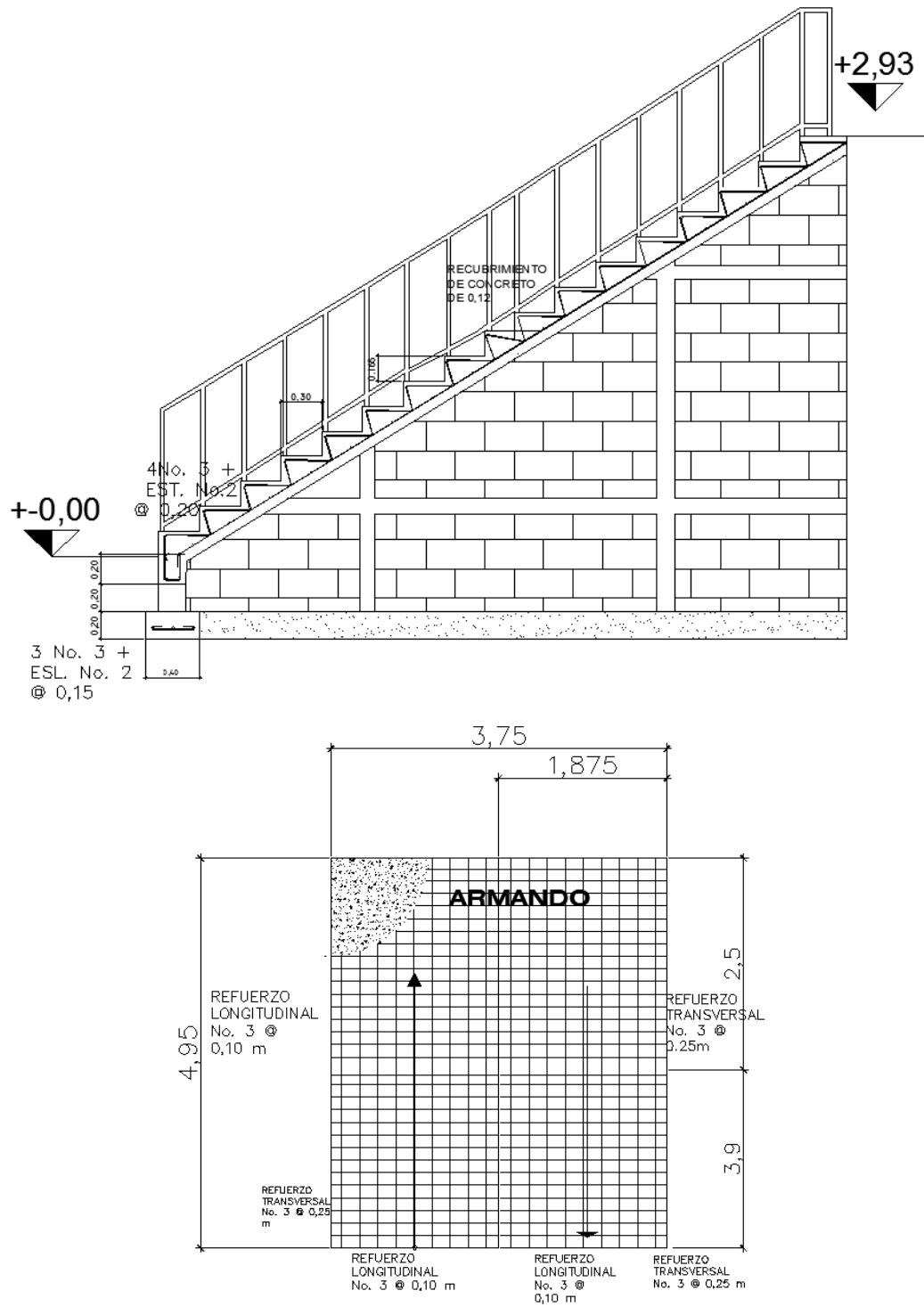
$$As- = [100 \times 12 - \sqrt{(100 \times 12)^2 - \frac{2\,444,37 \times 100}{0,003825 \times 280}}] \times \frac{0,85 \times 280}{4\,200} = 5,97 \text{ cm}^2$$

Se colocará refuerzo No. 3 @ 10 cm

$$As \text{ por temperatura} = 0,002 \times 100 \times 12 = 2,4 \text{ cm}^2$$

Se colocará As por temperatura en ambos sentidos No. 3 @ 25 cm

Figura 46. Detalle de gradas



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2 014.

2.1.9. Planos

El diseño de la escuela Santa Fe Ocaña contará con un juego de planos basado en los cálculos obtenidos. Ver nexos C.

2.1.10. Presupuesto

El presupuesto incluye un resumen general del costo total de ejecución del proyecto de la escuela primaria Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca.

El criterio para la elaboración del presupuesto es el generalizado con el uso de los costos unitarios. Para ello, la cuantificación se apega a los planos del proyecto. Los costos de mano de obra y materiales para cada renglón fueron obtenidos de la DMP.

En la tabla LXI se muestra el resumen del presupuesto general para la escuela primaria Santa Fe Ocaña, integrando los dos módulos que la conforman.

2.1.11. Cronograma de ejecución

El cronograma de ejecución o actividades tabla LXII, se realiza bajo los criterios de rendimientos de trabajo promedio usados de manera general en este tipo de planificación.

Tabla LXI. Resumen de renglones de trabajo

PROYECTO					
CONSTRUCCION ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ					
RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO					
No	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	TRAZO, ESTAKEADO Y NIVELACION	M2	429	Q23.44	Q10,054.78
2	ZAPATA TIPO 1	U	33	Q5,989.94	Q197,668.16
3	CIMIENTO CC-1	ML	189.13	Q835.03	Q157,929.99
4	LEVANTADO DE MUROS DEL CIMENTO CORRIDO HASTA SOLERA DE HUMEDAD	M2	38	Q263.64	Q10,018.48
5	SOLERAS	ML	164	Q524.33	Q85,989.82
6	COLUMNA C-1	ML	247.9	Q2,049.41	Q508,049.74
7	COLUMNA C-2	ML	168	Q629.94	Q105,829.26
8	COLUMNA C-3	ML	42	Q518.31	Q21,769.04
9	COLUMNA PIN	ML	36	Q328.42	Q11,823.11
10	LEVANTADO DE MUROS	M2	494.79	Q345.36	Q170,880.57
11	SOLERA INTERMEDIA	ML	257	Q817.62	Q210,129.28
12	VIGA V-1	ML	165	Q1,083.63	Q178,799.14
13	VIGA V-2	ML	116.25	Q1,137.93	Q132,283.93
14	VIGA V-3	ML	30.8	Q1,145.47	Q35,280.59
15	VIGA V-4	ML	14	Q967.87	Q13,550.15
16	LOSA SEGUNDO NIVEL, MODULOS I, II	M2	412.5	Q698.80	Q288,256.45
17	LOSA PRIMER NIVEL, MODULOS I, II	M2	412.5	Q700.00	Q288,748.18
19	PISO CERAMICO	M2	825.00	Q269.30	Q222,170.56
20	VENTANAS DE ALUMINIO ANODIZADO NATURAL Y VIDRIO CLARO SMM	M2	121.66	Q1,007.94	Q122,626.10
21	PUERTAS LAMINA LISA NEGRA	M2	57.8	Q749.53	Q43,322.76
22	INSTALACION ELECTRICA ACOMETIDA (TABLERO DE DISTRIBUCION)	GLOBAL	1.00	Q8,329.64	Q8,329.64
23	FUERZA (TOMACORRIENTES DOBLES 110 V)	UNIDADES	38.00	Q371.03	Q14,098.97
24	ILUMINACION (BOMBILLAS AHORRADORAS)	UNIDADES	82.00	Q452.64	Q37,116.64
25	INSTALACIÓN SANITARIA E HIDRAULICA, LAVAMANOS E INODOROS	UNIDADES	64.00	Q1,352.40	Q86,553.78
26	BARANDA METALICA EN 2DO NIVEL CON TUBO REDONDO DE 1" PASAMANOS 1 1/2" Y HEMBRA 1"	M2	50.40	Q423.59	Q21,349.13
27	MODULO DE GRADAS	UNIDAD	1.00	Q20,442.89	Q20,442.89
28	PINTURA GENERAL	GLOBAL	1.00	Q27,631.55	Q27,631.55
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO			Q3,030,702.69		
CONSTRUCCION ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ					

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. Cronograma de ejecución

PROYECTO																						
CONSTRUCCION ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ																						
MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA																						
CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA.																						
MESES EN EJECUCION						MES NO. 1			MES NO. 2			MES NO. 3			MES NO. 4			MES NO.5				
No	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	% DEL REINGLON	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	TRAZO, ESTACQUEO Y NIVELACION	M2	429.00	23.44	10054.78	0.33%																
2	ZAPATA TPO 1	U	33.00	5 989.94	197668.16	6.52%																
3	CIEMENTO CC-1	MIL	189.13	835.03	157929.99	5.21%																
4	LEVANTADO DE MUROS DEL CIEMENTO CORRIDO HASTA SOLERA DE HUEQUAD	M2	38.00	263.64	10018.48	0.33%																
5	SOLERAS	MIL	164.00	524.33	85989.82	2.84%																
6	COLUMNA C-1	MIL	247.90	2 049.41	508049.74	16.76%																
7	COLUMNA C-2	MIL	168.00	629.94	105829.26	3.49%																
8	COLUMNA C-3	MIL	42.00	518.31	21769.04	0.72%																
9	COLUMNA PN	MIL	36.00	328.42	11823.11	0.39%																
10	LEVANTADO DE MUROS	M2	494.79	345.36	170880.57	5.64%																
11	SOLERA INTERMEDIA	MIL	257.00	817.62	210129.28	6.93%																
12	VIGA V-1	MIL	165.00	1 083.63	178799.14	5.90%																
13	VIGA V-2	MIL	116.25	1 137.93	132283.93	4.36%																
14	VIGA V-3	MIL	30.80	1 145.47	35280.59	1.16%																
15	VIGA V-4	MIL	14.00	967.87	13550.15	0.45%																
16	LOSA PRIMER NIVEL, MODULOS I, II	M2	412.50	700.00	288748.18	9.53%																
17	LOSA SEGUNDO NIVEL, MODULOS I, II	M2	412.50	698.80	288256.45	9.51%																
18	PSO CERAMICO	M2	825.00	269.30	222170.56	7.33%																
19	VENTANAS DE ALUMINIO ANODIZADO NATURAL Y VIDRIO CLARO SIMI	M2	121.66	1 007.94	122626.10	4.05%																
20	PUERTAS LAMINA LISA NEGRA	M2	57.80	749.53	43322.76	1.43%																
21	INSTALACION ELECTRICA ACOMETIDA (TABLERO DE DISTRIBUCION)	GLOBAL	1.00	8 329.64	8329.64	0.27%																
22	FUERZA (TOMACORRIENTES DOBLES 110 V)	UNIDADES	38.00	371.03	14098.97	0.47%																
23	ILUMINACION (BOMBILLAS AHORRADORAS)	UNIDADES	82.00	452.64	37116.64	1.22%																
24	INSTALACIÓN SANITARIA E HIDRAULICA, LAVAMANOS E INODOROS	UNIDADES	64.00	1 352.40	86553.78	2.86%																
25	BARANDA METALICA EN 2DO NIVEL CON TUBO REDONDO DE 1" PASAMANOS 1 1/2" Y REJILLA 1"	M2	50.40	423.59	21349.13	0.70%																
26	MODULO DE GRADAS	UNIDAD	1.00	20 442.89	20442.89	0.67%																
27	PINTURA GENERAL	GLOBAL	1.00	27 631.55	27631.55	0.91%																
TOTAL						3,030,702.69	Q3,030,702.69												100%			
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO																						
CONSTRUCCION ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ																						
MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA																						

Fuete: elaboración propia.

2.1.12. Estudio económico

En todo proyecto de ámbito social o de prestación de servicios a la comunidad, el estudio económico que involucra el conocimiento del flujo de efectivo, ingresos y egresos, de un proyecto no puede ser utilizado directamente.

2.1.12.1. Beneficios sociales

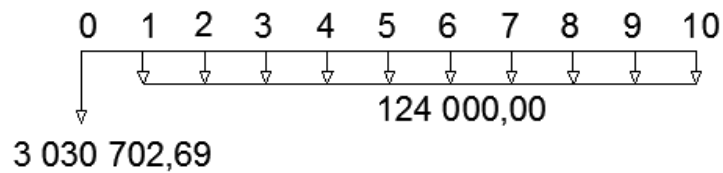
La forma más coherente de establecer ganancias en un proyecto de inversión social es la enumeración de los beneficios sociales que se lograrán con la realización del proyecto. En el caso de la escuela primaria Santa Fe Ocaña, el beneficio se puede medir en el número (o porcentaje) de alumnos o estudiantes que han encontrado (o que previsiblemente encontrarán) un empleo productivo y que, sin la formación considerada, estarían desempleados o subempleados. Si el objetivo principal consiste en mejorar las posibilidades de los estudiantes o alumnos potenciales en el mercado de trabajo, los beneficios podrán cuantificarse y evaluarse en función del aumento previsto de la renta de los estudiantes como consecuencia de la formación recibida (subempleo evitado, mejor posición en el mercado de trabajo, etc.).

2.1.12.2. Valor presente neto

El flujo de efectivo se considera negativo debido a la inversión inicial que el proyecto requiere y los gastos de operación y mantenimiento preventivo necesario para garantizar el óptimo desempeño de la estructura. Por esta razón, el Valor Presente Neto (VPN) será negativo y está dado en quetzales.

De manera muy superficial, se asume un costo de operación de Q. 12 000,00 que incluyen los salarios de docentes y personal de mantenimiento. Además, en los cálculos siguientes, solo se consideran los primeros 10 años de vida operativa del proyecto. Se puede asumir una tasa de interés mínima del 12%.

Figura 47. **Flujo efectivo para la escuela primaria Santa Fe Ocaña**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2014.

$$VPN = - 3\,030\,702,69 - 124\,000 \left[\frac{(1 + 0,12)^{10} - 1}{0,12 \times (1 + 0,12)^{10}} \right]$$

$$VPN = - 3\,731\,330,34$$

Cuando el $VPN < 0$, en proyectos de inversión indicaría que no existe ganancia alguna al final del período de tiempo de vida útil del proyecto, y se debería rechazar. En un proyecto social, debe prevalecer el criterio por la urgencia y la necesidad de su realización.

La evaluación del proyecto desde el punto de vista económico en función del valor presente neto no es determinante.

2.1.12.3. Tasa interna de retorno

Dado que la educación debe ser gratuita por orden constitucional, el asumir una cuota de mantenimiento que pudiera pagar la comunidad estudiantil no justifica la existencia de la TIR, por lo que ésta no existe para este proyecto.

2.1.13. Estudio de impacto ambiental (EIA)

Como parte primordial del estudio de impacto ambiental deben identificarse los posibles efectos o impactos sobre el medio ambiente circundante al área de influencia del proyecto.

2.1.13.1. Impacto ambiental positivo

- Impactos positivos sobre el paisaje:

El paisaje recibirá un impacto positivo permanente de gran magnitud y beneficio por construcción del nuevo proyecto. En la actualidad es un área baldía e insalubre por la acumulación de basura y crecimiento de maleza. La ejecución y operación de la escuela primaria mejorará significativamente la infraestructura general de la comunidad; además, el paisaje en el área circundante al proyecto se enriquecerá notablemente.

- Impactos positivos sobre el medio cultural y socioeconómico:

El mayor impacto ambiental del proyecto será el aspecto socioeconómico, el cual será positivo, muy significativo y de larga duración, durante las fases de construcción y especialmente en la operación del proyecto.

Estos impactos positivos influirán directamente en la calidad de vida de la población beneficiada, mejorarán el entorno de la comunidad y el efecto de la relación del ser humano con la naturaleza, al contar con proyectos de infraestructura que permitan el desarrollo adecuado de sus actividades sociales, educativas y recreativas. Además, el proyecto podrá generar fuentes de empleo temporal, beneficiando la economía y el comercio de la comunidad.

2.1.13.2. Impacto ambiental negativo

- Impactos negativos sobre el aire:

Las actividades de construcción del proyecto afectarán el aire en forma negativa de baja magnitud y de corta duración, debido a la generación de polvo proveniente de la fase de movimiento de tierras y de la preparación de mezclas de concreto y otras. Los olores no tendrán alteraciones significativas debido a la construcción del proyecto. Los niveles sonoros serán afectados en forma temporal y con una magnitud mediana debido la actividad de la construcción y del transitar de los vehículos.

- Impactos negativos sobre el suelo:

Los impactos principales identificados sobre el suelo serán temporales y de baja magnitud. Se darán, principalmente, en la etapa de construcción. El área afectada será únicamente el área de construcción del proyecto, los efectos serán por la erosión del suelo, sedimentos generados, cambios en su estructura y textura.

- Impactos negativos sobre aguas subterráneas:

Las aguas subterráneas en el área del proyecto no sufrirán alteraciones por infiltración y drenajes de aguas usadas. El nivel freático no se alterará ni contaminará durante la construcción y operación del proyecto.

- Impactos negativos sobre la flora:

Se identificaron impactos poco significativos sobre la flora en general del área del proyecto, tanto en la fase de construcción, como de operación del proyecto. No se prevén impactos negativos en la flora del área circundante.

- Impactos negativos sobre el medio circundante:

La dificultad para el tránsito de personas y vehículos durante la etapa de construcción de los proyectos es el impacto más significativo que se identificó. Este impacto será temporal y de mediana magnitud. Se prevén otros impactos menores y poco significativos, como la posible acumulación de escombros y desechos sólidos dentro y fuera del área de construcción.

2.1.13.3. Análisis de riesgo y planes de contingencia

El objetivo y la necesidad de evaluar el riesgo ambiental surge de la importancia de proteger y mejorar el entorno ambiental humano. Los estudios de riesgo deben comprender la evaluación de la probabilidad de que ocurran accidentes que involucren los materiales peligrosos, la determinación de las medidas para prevenirlos y un plan de emergencia interno.

2.1.13.4. Plan de contingencia en construcción

Para reducir los impactos negativos que el proyecto provocará sobre el medio ambiente circundante se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Proteger y cerrar el área de construcción de los proyectos, de manera que se minimicen los efectos negativos sobre las áreas circundantes.
- Disponer los desechos sólidos y cualquier desperdicio generado en un lugar adecuado dentro de la construcción para, posteriormente, trasladarlos a un vertedero o relleno sanitario municipal.
- Evitar el derrame de cualquier líquido o sustancia nociva para la salud de los habitantes y el medio ambiente en general.
- Proteger las áreas verdes aledañas a los proyectos, a manera de conservarlas en buenas condiciones y en su estado natural.
- Señalizar adecuadamente el área circundante y de influencia de cada proyecto, desde el inicio de su construcción hasta su finalización.

2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Concepción El Pilar II

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, red principal, con una longitud total de 2 280 metros, con base en las especificaciones técnicas del INFOM, para un período de diseño de 30 años. Este se conectará una planta de tratamiento existente.

El sistema está integrado por 41 pozos de visita, la tubería es de PVC y cumple con la norma ASTM D-3034.

2.2.2. Estudio topográfico

El estudio topográfico para proyectos de alcantarillado es la parte del reconocimiento de campo en la que se involucran los conceptos más importantes del proceso topográfico. Debe ser un procedimiento preciso para que el diseño hidráulico posterior se adapte a la realidad y el sistema de alcantarillado sanitario funcione correctamente.

2.2.2.1. Planimetría

El levantamiento planimétrico es el estudio de los procedimientos para la representación de una superficie terrestre en un plano horizontal y, en este tipo de proyectos, es usado para localizar el cambio de dirección de las tuberías y ubicación de los pozos de visita y cajas de registro.

Para el levantamiento planimétrico se recomienda utilizar el método llamado conservación de azimut, aplicado a una poligonal abierta.

2.2.2.2. Altimetría

La altimetría para proyectos de alcantarillado es el más importante del estudio topográfico. Esto se debe a que el sistema se diseña para trabajar a gravedad. Por esta razón, la altura de ciertos puntos del terreno, medida en referencia a un banco de marca, arbitrario o conocido, debe determinarse de manera precisa.

El producto final del estudio altimétrico es el trazo de las curvas de nivel que delimitan la forma tridimensional del terreno para el proyecto. Se recomienda que, para el levantamiento altimétrico se utilice un equipo que permita una precisión de 1 centímetro por kilómetro o menor, y se utilice el método de nivelación diferencial sobre cualquier otro método de campo.

2.2.3. Consideraciones generales para el diseño de alcantarillados sanitarios

El diseño de los colectores y red general del sistema de alcantarillado sanitario se referenciará a los criterios de diseño adoptados y sugeridos en las Normas generales para diseño de redes de alcantarillado, publicadas por el Colegio de Ingenieros de Guatemala (CIG) en 1 976 y en las Normas generales para diseño de alcantarillados, publicada por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) en el 2 001.

Adoptar dos normas distintas de referencia para el diseño del alcantarillado se justifica debido a la falta de una normativa aplicable de manera más general. Además, en términos generales, los criterios sugeridos por dichas normativas son similares por lo que, se usarán los criterios más conservadores de cada normativo para cada etapa de diseño.

2.2.3.1. Selección de ruta

Se le llama selección de ruta al proceso de diseño en el que se busca la mejor ubicación para la red principal del sistema de alcantarillado, el cual, debe ajustarse a las necesidades de espacio y topografía del lugar.

La recomendación general en la selección de ruta es que el sistema de alcantarillado debe ser capaz de recolectar y transportar los efluentes por gravedad, es decir, sin ningún tipo de sistema de bombeo. Esto implica que la selección de ruta está íntimamente relacionada con la topografía particular del área del proyecto, y puede que sea necesaria la sectorización del recorrido a distintos puntos de desfogue que deben contar con un área provista para el tratamiento de las aguas residuales y su traslado posterior al cuerpo receptor.

2.2.3.2. Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para que cumplan su función durante un período de 30 a 40 años, (CIG 2.2.1; INFOM 2.2.1). En este período, debe considerarse un tiempo prudencial para los trámites de ejecución, que se estima desde el fin del diseño hasta la etapa de construcción.

2.2.3.3. Estimación de la población tributaria

El crecimiento poblacional se mide, por lo general, mediante el empleo de una ecuación matemática que describa el cambio ocurrido en un determinado período de tiempo. Para proyectos de alcantarillado sanitario, la población tributaria, al final del período de diseño, se debe estimar utilizando alguno de los siguientes métodos de cálculo.

2.2.3.3.1. Incremento aritmético

El crecimiento aritmético supone un crecimiento lineal, es decir, que cada año la población crece en una magnitud constante, por lo que su utilización es aconsejable solamente en períodos cortos (6 meses, 1 o 2 años).

2.2.3.3.2. Incremento geométrico

El crecimiento geométrico supone un crecimiento porcentual, constante en el tiempo, es aplicable en períodos largos, ya que desde el punto de vista demográfico se identifica más con el comportamiento real de la población. El incremento geométrico se define como:

$$P = P_0 \times (1+r)^n$$

P = población futura

P₀ = población inicial

r = tasa de crecimiento

n = período de tiempo [años]

2.2.4. Velocidad de diseño

La velocidad de flujo es un factor determinante en el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, la cual depende de la pendiente, el diámetro de la tubería y el material de la misma. La velocidad de diseño se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas.

Las normativas han limitado la velocidad de flujo a valores mínimos para evitar el efecto de la sedimentación de sólidos dentro de la tubería. Estos producirían atascamiento del sistema; y valores máximos para evitar la abrasión de las paredes de las tuberías. Estos criterios son:

- Criterio del INFOM

En la sección 2.11.1 y 2.11.2 del normativo, se tiene que:

- Velocidad mínima: 0,60 metros por segundo
- Velocidad máxima: 2,50 metros por segundo
- Criterio del CIG

En la sección 2.8.3.1 y 2.8.3.2 del normativo, se indica lo siguiente:

- Velocidad mínima: 0,60 metros por segundo
- Velocidad máxima sección llena: 3,00 metros por segundo

2.2.5. Pendiente

Para que el sistema de alcantarillado sanitario trabaje a gravedad es necesario que las tuberías tengan una pendiente tal que el flujo de aguas residuales se mantenga en movimiento. Las restricciones en la pendiente son, en consecuencia, las siguientes:

- Pendiente mínima: la que garantice la velocidad mínima de diseño.
- Pendiente máxima: la que permita no exceder la velocidad máxima de diseño.

2.2.6. Caudal

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.

Este determinará el diámetro de las tuberías que utilizará en el sistema de alcantarillado sanitario lo que redundará en el costo en la ejecución del proyecto.

$$Q = VA$$

Q = caudal [l/s]

V = velocidad [m/s]

A = área [m²]

2.2.6.1. Caudal domiciliar

Son los efluentes provenientes de viviendas unifamiliares, multifamiliares, edificios públicos y otras instalaciones de uso intermitente.

El caudal domiciliar depende de diversos factores que son considerados por diversas normativas aplicables y autores de la temática de sistemas de saneamiento.

2.2.6.2. Dotación de agua potable

Es un estimado del agua potable necesaria para satisfacer la demanda de los usuarios, según el uso de la construcción, nivel económico, clima, capacidad de la fuente de abastecimiento, etc.

Los criterios para estimar la dotación, según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y el Colegio de Ingenieros de Guatemala (CIG) son:

- El caudal promedio diario se calculará con una contribución mínima de 150 litros/habitante/día. (CIG sección 2.6.2).
- El caudal promedio diario se calculará con una contribución mínima de 200 litros/habitante/día. (INFOM sección 2.6.2).

Otra forma de manejar la dotación está en función de la categoría de la población servida, de la siguiente forma:

- Municipalidad de 1° categoría: 250 - 300 litros/habitante/día
- Municipalidad de 2° categoría: 90 litros/habitante/día
- Municipalidad de 3° categoría: 50 litros/habitante/día

Es necesario mencionar que los valores anteriores son sugeridos y dependen de los recursos hidráulicos con que se cuente en la comunidad.

2.2.6.3. Factor de retorno

El agua, una vez ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado. Sin embargo, una porción de agua no será vertida al drenaje, como la absorbida por el suelo, evaporada, etc. Para considerar este efecto, se aplica un factor que reduce la dotación de agua potable, y puede variar entre el 70 y 80 por ciento de la dotación.

$$q_{\text{dom}} = \frac{\text{ind} \times \text{dot}}{86\,400} \times \text{fr}$$

q = caudal domiciliar [l/s]

dot = dotación agua potable [l/hab/día]

fr = factor de retorno [ad]

2.2.6.4. Caudal comercial

Es el afluente proveniente de las edificaciones comerciales, como mercados, cafeterías, centros de belleza, carnicerías, hoteles, etc. La dotación comercial varía según el rubro a considerar, pero puede estimarse entre 600 a 3 000 litros por comercio por día. El caudal comercial se define como:

$$q_{com} = \frac{com \times dot}{86\,400}$$

q_{com} = caudal comercial [l/s]

dot = dotación comercial [l/com/día]

2.2.6.5. Caudal industrial

Son los afluentes provenientes de los procesos industriales, como las fábricas de textiles, licoreras, etc. La dotación de agua residual industrial depende del tipo de industria, pero puede estimarse entre 1 000 a 18 000 litros por industria por día. El caudal industrial se define como:

$$q_{ind} = \frac{ind \times dot}{86\,400}$$

q_{ind} = caudal industrial [l/s]

dot = dotación industrial [l/ind/día]

2.2.6.6. Caudal infiltración

El caudal de infiltración depende principalmente de factores como:

- Tipo de tubería
- Profundidad del nivel freático con relación a la profundidad de la tubería
- La permeabilidad del suelo
- Las juntas utilizadas en la tubería
- La calidad de la mano de obra y supervisión

Los normativos sugeridos y bibliografía de saneamiento básico ofrecen distintos métodos de cálculo, de los cuales se presentan los más comunes en la práctica actual:

Criterios INFOM

La sección 2.7 indica que el factor de infiltración puede estimarse también en relación con el nivel freático y el material de la tubería. En el cálculo de la longitud del tramo deben considerarse el colector principal y las conexiones domiciliarias para lo cual se puede asumir un promedio de 6 metros de longitud.

- Sobre el nivel freático:

$$\text{Cemento} \rightarrow f_{\text{inf}} = 0,025 \times \emptyset$$

$$\text{PVC} \rightarrow f_{\text{inf}} = 0,010 \times \emptyset$$

\emptyset = Diámetro de tubería [l/s]

- Bajo el nivel freático:

$$\text{Cemento} \rightarrow f_{\text{inf}} = 0,150 \times \emptyset$$

$$\text{PVC} \rightarrow f_{\text{inf}} = 0,020 \times \varnothing$$

\varnothing = Diámetro de tubería [l/s]

El caudal de infiltración, bajo estos criterios se puede definir como:

$$q_{\text{inf}} = f_{\text{inf}} \times \left[\frac{L + (\text{conex} \times 6,00)}{1\,000} \right]$$

q_{inf} = caudal infiltración [l/s]

f_{inf} = factor de infiltración [l/km/s]

L = longitud de colector principal [m]

conex = número de conexiones

Criterios CIG

En la sección 2.6.4 se indica que en el caso más desfavorable se puede considerar que existirá un caudal de 1 200 a 18 000 litros por kilómetro por día. En el cálculo de la longitud del colector debe considerarse, además del colector principal, las conexiones domiciliarias para lo cual se puede asumir un promedio de 6 metros de longitud.

El caudal de infiltración, bajo estos criterios se puede definir como:

$$q_{\text{inf}} = \frac{\text{dot}}{86\,400} \times \left[\frac{L + (\text{conex} \times 6,00)}{1\,000} \right]$$

q_{inf} = caudal infiltración [l/s]

dot = dotación infiltración [l/km/día]

L = longitud del colector principal [m]

2.2.6.7. Caudal ilícito

Este caudal se refiere a toda conexión no considerada dentro del cálculo inicial, o bien, por conexiones no controladas de aguas pluviales que aporten a la red de alcantarillado sanitario. Del mismo modo que en estimaciones de caudales anteriores, existen en los normativos criterios diferentes, los cuales se muestran a continuación:

- Criterios INFOM

La sección 2.8 indica que una buena aproximación, es agregar un porcentaje del caudal doméstico que aporta a cada tramo del sistema. Este porcentaje puede ser 10 por ciento o más si no existe drenaje pluvial.

- Criterios CIG

Se basa en el método racional. Este caudal está relacionado con el caudal producido por las lluvias de la siguiente forma:

$$q_{\text{ilícito}} = \left(\frac{CI(\%A)}{360} \right) \times 1\,000$$

$q_{\text{ilícito}}$ = caudal ilícito [l/s]

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia [mm/h]

%A = 0,50% 2,50% del área tributaria [Ha]

2.2.6.8. Caudal medio

El caudal medio se define como la integración de todos los caudales anteriores, definido como:

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{ilicito}}$$

2.2.6.8.1. Factor de caudal medio (fqm)

Es una distribución equitativa del caudal medio para cada habitante. Es llamado caudal unitario y varía en el rango de 0,002 – 0,005.

Se define como:

$$fqm = \left(\frac{Q_{\text{medio}}}{\text{hab}} \right)$$

Si el cálculo del fqm está en este rango se usa este valor, en cambio, si se sobrepasa cualquiera de los límites, se usa el más cercano según sea el caso.

2.2.6.9. Caudal máximo

Es la estimación del pico máximo de caudal de agua residual que provocará el máximo valor. Para calcularlo, se utiliza un factor de mayoración de caudal que se define como factor de Harmond.

2.2.6.9.1. Factor de Harmond

Se conoce también como factor de flujo y es la relación entre el caudal máximo y el caudal medio, de la siguiente manera:

$$f_{\text{flujo}} = \frac{q_{\text{max}}}{q_{\text{medio}}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

P = Población (miles)

La sección 2.6.3 del CIG, indica que el factor de flujo en ningún caso se tomará mayor a 5 ni menor a 1,5.

$$1,5 \leq f_{\text{flujo}} \leq 5$$

2.2.6.9.2. Factor de caudal máximo

Este factor incluye al factor de mayoración del caudal medio y está definido de la siguiente manera:

$$f_{q_{\text{max}}} = f_{qm} \times f_{\text{flujo}}$$

2.2.6.10. Caudal de diseño

El caudal de diseño es dependiente de la población futura del tramo en consideración y de los factores de caudal medio y caudal máximo, y está definido por alguna de las expresiones siguientes:

$$q_{\text{diseño}} = f_{q_{\text{max}}} \times \text{hab}$$

$$q_{\text{diseño}} = (f_{qm} \times f_{\text{flujo}}) \times \text{hab}$$

El caudal de diseño depende de la población futura del tramo en consideración y de los factores de caudal medio y caudal máximo. Está definido por alguna de las expresiones siguientes:

$$q_{\text{diseño}} \geq 0,40 \text{ l/s}$$

2.2.7. Principios de hidráulica

Los sistemas de alcantarillado sanitario son diseñados para trabajar como canales cerrados, lo cual significa que no existe presión dentro de la tubería de los colectores y conexiones domiciliarias. Los principios hidráulicos que están incluidos en el diseño de esa naturaleza dependen de la velocidad de diseño, y los tirantes del flujo de agua residual que está en movimiento constante dentro de la red de alcantarillado.

2.2.7.1. Relaciones hidráulicas

La determinación de los cálculos de una sección parcialmente llena en tuberías y obtener resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección llena con los de la sección parcialmente llena. Con los resultados se elaboran gráficos y tablas como ayuda de diseño. Las relaciones hidráulicas que se deben considerar son las siguientes:

- (q/Q) relación entre el caudal a sección parcialmente llena y a sección llena.
- (v/V) relación entre la velocidad del flujo en la sección parcialmente llena y en sección llena.
- (d/\emptyset) relación de tirantes del flujo de agua residual dentro de la sección parcialmente llena y en sección llena.

Los valores hidráulicos a sección llena se definen por medio de la fórmula de Manning, de la siguiente manera:

$$V = \frac{0,03429 \times \varnothing^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

V = velocidad a sección llena [m/s]

Ø = diámetro de tubería [in]

S = pendiente [%]

n = coeficiente de rugosidad [ad]

$$Q = VA$$

Q = caudal a sección llena [m³/s]

V = velocidad a sección llena [m/s]

A = área transversal de tubería [m²]

La sección 2.9.1.1 del INFOM indica que, para garantizar el trabajo exento de presión del alcantarillado, se limitan las relaciones hidráulicas de los tirantes del flujo de agua dentro de la tubería a los siguientes parámetros:

$$0,10 \leq d/\varnothing \leq 0,74$$

2.2.7.2. Coeficiente de rugosidad de Mannig

La rugosidad es un valor que se determina en forma experimental, además es adimensional, y expresa que tan lisa es la superficie interna de la tubería. La sección 2.9.1.2 del INFOM y la sección 2.8.1.2 del CIG, estipulan los siguientes valores de rugosidad:

Tabla LXIII. **Coeficiente de rugosidad de Manning**

Material	Coeficiente de rugosidad
PVC	0,010
Concreto, $\varnothing \leq 24$ in	0,015
Concreto, $\varnothing > 24$ in	0,013

Fuente: Instituto de Fomento Municipal, Colegio de Ingenieros de Guatemala.

2.2.7.3. Diámetro de tuberías

La sección 2.10.1 del INFOM indica que el diámetro mínimo que se utilizará en los alcantarillados sanitarios será de 8 pulgadas para tubos de concreto o de 6 pulgadas para tubería de PVC, aun cuando el cálculo hidráulico indique un diámetro menor a éstos.

2.2.7.4. Profundidad de tuberías

La profundidad de la tubería depende de las cargas transmitidas por el tráfico y que afecten al sistema produciendo rupturas en los tubos. La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno usualmente es de 1,40 metros, para tráfico pesado y 1,20 para tráfico liviano. Cuando la altura del coronamiento de la tubería principal resulte a una profundidad mayor de 3,00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñara una tubería auxiliar sobre la principal para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

2.2.8. Cotas invert

Se denomina cota invert, a la distancia entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interno de la tubería, debe verificarse que la cota invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería.

Criterios del INFOM

- Caso 1: cuando llega una tubería y sale otra de igual diámetro, la cota invert de salida (CIS) será, como mínimo, 0,03 metros por debajo de la cota invert de entrada (CIE).
- Caso 2: cuando llega una tubería y sale otra de distinto diámetro, la diferencia entre cotas invert será igual, como mínimo, a la diferencia de los diámetros por debajo de la CIE.
- Caso 3: cuando llegan más de una tubería y sale solo una, y todas son de igual diámetro la diferencia entre cotas invert será, como mínimo, 0,03 metros por debajo de la CIS más baja.
- Caso 4: cuando llegan dos o más tuberías, y sale una sola, y son de distintos diámetros, la diferencia entre cotas invert será igual a:
 - Si el diámetro de salida es igual a la de entrada: la CIS será como mínimo 0,03 metros más baja que la CIE de la tubería de igual diámetro.
 - Si todos los diámetros son distintos: la diferencia entre cotas invert será igual a la diferencia de diámetros medida por debajo de la CIE del tubo analizado.
- Caso 5: cuando a un pozo de visita llega más de una tubería, y sale más de una tubería:

- Solamente una de las tuberías es de continuidad.
- La cota invert de la tubería de ramales iniciales debe tener como mínimo una altura que satisfaga el recubrimiento mínimo de la tubería.
- La CIS del ramal de continuidad se calculará de acuerdo a los casos anteriores.

Criterios del CIG

La diferencia entre cotas invert se basa en la velocidad de flujo dentro del colector, según lo indicado en la sección 2.13.2 del normativo del CIG, de la siguiente manera:

$$h_v = \frac{V^2}{2g}$$

h_v = diferencia mínima de cotas invert en un pozo [m]

V = velocidad a sección llena [m/s]

g = aceleración de la gravedad [m/s²]

2.2.9. Pozos de visita

Los pozos de visita o cámaras de inspección son estructuras cilíndricas cuya unión a la superficie se hace en forma tronco-cónica y se establecen en lugares estratégicos, como medida preventiva para limpieza y mantenimiento. Son contruidos de concreto, mampostería y PVC.

Las partes y dimensiones que lo conforman son: el ingreso, que generalmente es circular, tiene un diámetro entre 0,60 a 0,75 metros; la tapadera es sobrepuesta en un brocal, contruido ambos de concreto reforzado.

El cono tiene altura de 1,20 metros, con un diámetro de 1,20 metros en la base. La altura del cilindro estará en función de la profundidad de la tubería. La base del pozo será de concreto, en la pared se colocarán escalones empotrados.

El cilindro y la reducción tronco-cónica se construirán en mampostería con ladrillos tayuyos de 6,5 x 11 x 23 centímetros y su colocación será en posición de punta. En el fondo se hará una losa de concreto. La función de la tapadera es facilitar las labores de limpieza y mantenimiento general de las tuberías, así como proveer al sistema de una adecuada ventilación.

Según las normas para la construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intersección de colectores
- Al comienzo de cada tramo
- En todo cambio de sección o diámetro de los colectores
- En todo cambio de dirección o de pendiente

Cuando la diferencia entre cotas invert de entrada y salida en un pozo sea mayor o igual a 0,70 metros, debe proveerse un sistema de disipación de energía para evitar la erosión de la base del pozo.

2.2.9.1. Diámetro entre pozos

En la práctica usual se tienen los siguientes parámetros:

- 1,20 metros, para tuberías con diámetros menores o iguales a 24 pulgadas.
- 1,50 metros, para tuberías con diámetros entre 24 y 32 pulgadas.

- 2,00 metros, para tuberías con diámetros mayores a 32 pulgadas y menores o iguales a 80 pulgadas.

2.2.9.2. Distancia entre pozos

La sección 12.13.1 del INFOM recomienda que la distancia horizontal medida a ejes entre pozos de visita no debe ser mayor a 100 metros usando tuberías de diámetros menores o iguales a 24 pulgadas, y no mayor a 300 metros usando tuberías de diámetros mayores a 24 pulgadas.

2.2.10. Conexiones domiciliarias

Son las instalaciones que recolectan las aguas residuales de las edificaciones que aportan al sistema de alcantarillado. Sus componentes básicos se describen a continuación.

2.2.10.1. Tubería domiciliar

Es la tubería que interconecta la caja o candela a la tubería principal para evacuar las aguas provenientes de las viviendas. Regularmente es de 6 pulgadas en tubos de concreto y 4 pulgadas para PVC. Deben tener una pendiente mínima del 2 por ciento. Se orienta a un ángulo de 45 grados en dirección del flujo.

2.2.10.2. Caja o candela

La candela es colocada para inspección y limpieza, su función es recibir y depositar las aguas provenientes de las viviendas, las cuales pasarán al colector principal, por medio de la tubería domiciliar. Se construyen de

mampostería y tubos de concreto en posición vertical, con un diámetro mayor de 12 pulgadas, con tapadera de concreto reforzado para la inspección.

2.2.11. Tratamiento de aguas residuales

Luego de que las aguas residuales son recolectadas por el sistema de alcantarillado, el efluente debe ser dirigido a un área destinada para su tratamiento antes de que sea depositado en el cuerpo receptor.

2.2.12. Metodología de diseño

- Tasa de crecimiento

Para definir la tasa de crecimiento, se usarán los registros de población del Instituto Nacional de Estadística (INE), para el municipio de San Juan Sacatepéquez.

La tasa de $\bar{r} = 2,38\%$, corresponde con información proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

Además, la tasa de crecimiento promedio es comparable con los valores de población obtenidos con la encuesta sanitaria realizada en campo. El resumen de estos valores se muestra en la tabla LVIII.

Tabla LXIV. **Resumen de encuesta sanitaria**

Número actual de viviendas (habitacionales)	131
Densidad poblacional promedio (habitante/vivienda)	6
Población actual (habitantes)	786

Fuente: elaboración propia.

- **Período de diseño**

De acuerdo con los requerimientos indicados en la sección 2.2.3.2 de este documento, se considera prudente un período de diseño de 30 años para el diseño hidráulico del alcantarillado sanitario del caserío Concepción El Pilar II.

- **Población actual y futura**

Considerando que únicamente las viviendas tienen un crecimiento poblacional, y los demás módulos que conforman el caserío son capacidades máximas que pueden atender de forma eficiente, la población actual, mostrada en la tabla LXV, y futura es la siguiente:

$n = 30$ años

$r = 2,38 \%$

$P_o = 786$ hab

$P = 1\,592$ hab

$P_{\text{actual}} = (131 \text{ viv}) (6 \text{ hab/viv}) = 786 \text{ hab}$

$P_{\text{futura}} = (786)(1+0,0238)^{30} = 1\,591,75 \approx 1\,592 \text{ hab}$

Tabla LXV. **Población actual del caserío Concepción El Pilar II**

Módulos	Cantidad
Escuela, capacidad total de dos módulos (alumnos)	350
Iglesia (personas)	200
Centro de salud (camas)	150

Fuente: elaboración propia.

- Integración de caudales

Los caudales sanitarios se calcularán para el conjunto completo de usuarios del caserío Concepción El Pilar II, utilizando las dotaciones de agua potable que se muestran a continuación:

Tabla LXVI. **Dotación de agua potable**

Módulos	Dotación
Viviendas (litros/habitante/día)	150
Escuela (litros/alumno/día)	200
Iglesia (litro/habitante/día)	100
Centro de salud (litros/cama/día)	600

Fuente: Municipalidad de San Juan Sacatepéquez. Dirección Municipal de Planificación.

- Caudal domiciliar

En este rubro se integrarán, además de los caudales propios de las viviendas, los caudales provenientes de escuelas, iglesias y centros de salud, que aporten al sistema de alcantarillado. Para todos los caudales siguientes, se utilizará un factor de retorno de 0,80.

$$q_{\text{dom.act}} = \left[\frac{(786)(150)(0,80)}{86\,400} \right] \rightarrow q_{\text{dom.act}} = 1\,092 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{dom.fut}} = \left[\frac{(1\,592)(150)(0,80)}{86\,400} \right] \rightarrow q_{\text{dom.fut}} = 2\,217 \text{ l/s}$$

- Caudal de escuela:

$$q_{\text{esc.act}} = q_{\text{esc.fut}} = \left[\frac{(350)(200)(0,80)}{86\,400} \right] \rightarrow q_{\text{dom.act}} = q_{\text{dom.fut}} = 0,648 \text{ l/s}$$

- Caudal de iglesia

$$q_{\text{igle.act}} = q_{\text{igle.fut}} = \left[\frac{(200)(100)(0,8)}{86\,400} \right] \rightarrow q_{\text{igle.act}} = q_{\text{igle.fut}} = 0,185 \text{ l/s}$$

- Caudal del centro de salud

$$q_{\text{salud.act}} = q_{\text{salud.fut}} = \left[\frac{(150)(600)(0,80)}{86\,400} \right] \rightarrow q_{\text{salud.act}} = q_{\text{salud.fut}} = 0,833 \text{ l/s}$$

- Caudal de infiltración

Según estimaciones iniciales, el sistema de alcantarillado está por encima del nivel freático en toda su longitud, y el diámetro de los colectores principales de 6 pulgadas dado que la tubería será de PVC. El caudal de infiltración se considerara de 0 l/s.

- Caudal ilícito

El caudal ilícito se tomará conservadoramente como un porcentaje del caudal domiciliar neto.

$$q_{\text{dom.act}} = 1,092 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{dom.fut}} = 2,217 \text{ l/s}$$

$$\% \text{ a considerar} = 10 \%$$

$$q_{\text{ilicito.act}} = (0,10)(1,092) \rightarrow q_{\text{ilicito.act}} = 0,1092 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{ilicito.fut}} = (0,10)(2,217) \rightarrow q_{\text{ilicito.fut}} = 0,2217 \text{ l/s}$$

- Caudal medio

Se calcula el caudal medio de aguas residuales que aportarán al sistema de alcantarillado, para el diseño actual y al final del período de diseño, de la manera siguiente:

Actual

$$q_{\text{dom}} = 1,092 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{esc}} = 0,648 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{igle}} = 0,185 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{salud}} = 0,833 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{ilicito}} = 0,1092 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{medio.act}} = 1,092 + 0,648 + 0,185 + 0,833 + 0,1092 \rightarrow q_{\text{medio.act}} = 2,867 \text{ l/s}$$

Futuro

$$q_{\text{dom}} = 2,217 \text{ l/s}$$

$$q_{esc} = 0,648 \text{ l/s}$$

$$q_{igle} = 0,185 \text{ l/s}$$

$$q_{salud} = 0,833 \text{ l/s}$$

$$q_{ilicito} = 0,2217 \text{ l/s}$$

$$q_{medio.fut} = 2,217 + 0,648 + 0,185 + 0,833 + 0,2217 \rightarrow q_{medio.fut} = 4,04 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

El valor del caudal medio para el estado actual y al final del período de diseño se detalla a continuación:

$$q_{medio.act} = 2,867 \text{ l/s}$$

$$q_{medio.fut} = 4,104 \text{ l/s}$$

$$P_{actual} = 786 \text{ hab}$$

$$P_{futura} = 1\,592 \text{ hab}$$

$$f_{qm_{dom.act}} = \frac{2,867}{786 \text{ hab}} \rightarrow f_{qm_{dom.act}} = 0,00364 \text{ l/s/hab}$$

$$f_{qm_{dom.fut}} = \frac{4,097}{1\,592 \text{ hab}} \rightarrow f_{qm_{dom.fut}} = 0,00258 \text{ l/s/hab}$$

Debe revisarse que el fqm para cualquiera de los casos debe ser mayor o igual a 0,0020 litros por segundo por habitante, por lo que al no cumplirse este requerimiento, deberá usarse el valor mínimo indicado.

Para el diseño actual debe usarse el valor calculado. Para el período de diseño, deberá utilizarse de igual forma el valor calculado.

- Proceso de diseño

La etapa de diseño hidráulico del sistema de alcantarillado es un proceso iterativo, en el cual se involucran los parámetros indicados en la tabla LXVII y se deben cumplir los requerimientos de los manuales y códigos de diseño.

Tabla LXVII. **Parámetros de diseño**

Parámetro	Unidad	Valor	Referencia
Densidad de población	hab/viv	6	ver tabla LVII
Tasa de crecimiento poblacional	%	2,38	DMP
Periodo de diseño	años	30	sección 2.2.3.2
Tubería	...	PVC ASTM D-3034	DMP
Diámetro mínimo	in	6	INFOM 2.10.1
Factor de flujo	...	$1.5 \leq f_{flujo} \leq 5$	CIG 2.6.3
Caudal de diseño mínimo	l/s	0.40	2.2.6.9
Reacción tirante hidráulico	...	$0,10 \leq d/\phi \leq 0,74$	INFOM 2.9.1.1
Rugosidad de Manning	...	0,010	INFOM 2.9.1.2
Velocidad de diseño mínimo	m/s	0,60	INFOM 2.11.2
Velocidad de diseño máximo	m/s	2,50	INFOM 2.11.1
Profundidad mínima de pozo	m	1,40	ver sección 2.2.7.4
Profundidad máxima de pozo	m	8,00	DMP
Distancia horizontal máxima entre pozos	m	100	INFOM 2.13.1
Diámetro mínimo de pozo	m	1,20	ver sección 2.2.9.1

Fuente: elaboración propia.

- Diseño de tramo inicial de PV-5 a PV-6

Se describe, a continuación, el procedimiento general para la red de alcantarillado sanitario del caserío Concepción El Pilar II.

Tabla LXVIII. **Datos de entrada para tramo inicial**

De PV	5	Cota terreno [m]	562,56
a PV	6	Cota terreno [m]	559,10
Distancia [m]	27,03	...	...
Viviendas locales	0	...	...

Fuente: elaboración propia.

- Pendiente del terreno:

$$S_t = \left(\frac{562,56 - 559,10}{27,03} \right) (100) \rightarrow S_t = 12,80 \%$$

- Viviendas:

Locales = 8 viv

Acumuladas = tramo_{anterior} + tramo_{actual} = 6 + 2 → 8 viv

- Habitantes

Hab_{act} = (8)(6) = 48 hab

Hab_{fut} = (48)(1 + 0,0238)³⁰ = 98 hab

- Factor de flujo:

- Actual

$$1,5 \leq f_{\text{flujo}} \leq 5$$

$$f_{\text{flujo}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{48}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{48}{1\,000}}} \rightarrow f_{\text{flujo}} = 4,32 \text{ ok}$$

- Futuro:

$$f_{\text{flujo}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{98}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{98}{1\,000}}} \rightarrow f_{\text{flujo}} = 4,25 \text{ ok}$$

- Caudal de diseño:

Sabiendo que el factor de caudal medio es 0,0020 litros por segundo por habitante, se procede como sigue:

$$q_{\text{act}} = (0,0020)(4,32)(48)$$

$$q_{\text{act}} = (0,41) \text{ l/s} > 0,40 \text{ l/s}$$

$$\text{usar } q_{\text{act}} = 0,41 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{fut}} = (0,0020)(4,25)(98)$$

$$q_{\text{fut}} = (0,83) \text{ l/s} > 0,40 \text{ l/s}$$

$$\text{usar } q_{\text{fut}} = 0,83 \text{ l/s}$$

- Valores hidráulicos a sección llena:

Se utilizará tubería PVC (rugosidad 0,010) de 6 pulgadas de diámetro con una pendiente del 12,69 por ciento.

$$V = \frac{(0,03429)(6)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{12,69}{100} \right)^{\frac{1}{2}}}{0,010} \rightarrow V = 4,03 \text{ m/s}$$

$$Q = VA = (4,03)(5,067 \times 10^{-4})(6)^2 \rightarrow Q = 0,0735 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q = 73,57 \text{ l/s}$$

- Relaciones hidráulicas:

$$\left(\frac{q}{Q} \right)_{\text{act}} = \frac{0,41}{73,57} \rightarrow \left(\frac{q}{Q} \right)_{\text{act}} = 0,00557$$

$$\left(\frac{q}{Q} \right)_{\text{fut}} = \frac{0,83}{73,57} \rightarrow \left(\frac{q}{Q} \right)_{\text{act}} = 0,011$$

Interpolando los datos anteriores en los valores de la tabla de relaciones hidráulicas, se obtiene que:

$$\left(\frac{v}{V} \right)_{\text{act}} = 0,27 \rightarrow \left(\frac{v}{V} \right)_{\text{fut}} = 0,33$$

$$\left(\frac{d}{\phi} \right)_{\text{act}} = 0,05 \rightarrow \left(\frac{d}{\phi} \right)_{\text{fut}} = 0,07$$

En ambos casos, la relación de tirantes es menor a 0,74 y también es mayor a 0,10 que es el límite inferior. Esto es aceptable en tramos iniciales, e igualmente es justificable, mientras se cumpla con la velocidad de arrastre, la velocidad mínima en ambos casos.

- Velocidad de diseño:

$$\left(\frac{v}{V}\right)_{\text{act}} = 0,27$$

$$V_{\text{act}} = (0,27)(4,03)$$

$$V_{\text{act}} = 1,08 \text{ m/s} \geq 0,60 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

$$\left(\frac{v}{V}\right)_{\text{fut}} = 0,33$$

$$V_{\text{fut}} = (0,33)(4,08)$$

$$V_{\text{fut}} = 1,35 \text{ m/s} \geq 0,60 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

- Cotas invert:

- Cota invert de salida:

$$\text{CIS} = 562,56 - 1,53$$

$$\text{CIS} = 561,03$$

- Cota invert de entrada:

$$\text{CIE} = 561,03 - \left[27,03 \times \frac{12,69}{100} \right]$$

$$\text{CIE} = 557,60$$

- Altura de pozo:

- Altura de pozo inicial:

$$H_{\text{po}} = (562,56) - (561,03)$$

$$H_{\text{po}} = 1,53 \text{ m}$$

$$1,40 \text{ m} \leq H_{\text{pozo}} \leq 8,00 \text{ m}$$

- Altura de pozo final:

$$H_{pf} = (559,10) - (557,60)$$

$$H_{pf} = 1,50 \text{ m}$$

$$1,40 \text{ m} \leq H_{\text{pozo}} \leq 8,00 \text{ m}$$

2.2.13. Planos

El diseño del alcantarillado sanitario del caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos, contará con un juego de planos basado en los cálculos obtenidos. Ver nexos B.

2.2.14. Presupuestos

El presupuesto incluye un resumen general del costo total de ejecución del proyecto alcantarillado sanitario del caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos.

El criterio para la elaboración del presupuesto es el generalizado con el uso de los costos unitarios, para los cuales, la cuantificación se apega a los planos del proyecto y los costos de mano de obra y materiales para cada renglón fueron obtenidos de la DMP.

En la tabla LXIX se muestra el resumen del presupuesto general proyecto alcantarillado sanitario del caserío Concepción El Pilar II, integrando por el que la conforman.

2.2.15. Cronograma de ejecución

El cronograma de ejecución o actividades tabla LXX, se realiza bajo los criterios de rendimientos de trabajo promedio usados, de manera general, en este tipo de planificación.

Tabla LXIX. Resumen del presupuesto general

RESUMEN DE RENGLONES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES	2,280.00	ML	Q 19.62	Q 44,724.40
2.00	REPLANTEO TOPOGRAFICO	2,280.00	ML	Q 7.17	Q 16,342.95
3.00	EXCAVACION DE ZANJA PARA TUBERIA	1,915.20	M3	Q 191.43	Q 366,624.74
4.00	INSTALACION DE TUBERIA DE 6"	1,915.20	M3	Q 458.65	Q 878,408.00
5.00	CANDELAS (CON ACOMETIDA DOMICILIAR)	136.00	M3	Q 2,143.70	Q 291,542.81
6.00	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA TIPO 3 H=>3M	2.00	UNIDAD	Q 10,087.63	Q 20,175.26
7.00	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA TIPO 2 H=>1.5 M Y < 3 M	16.00	UNIDAD	Q 7,589.89	Q 121,438.20
8.00	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA TIPO 1 H < 1.5 M	23.00	UNIDAD	Q 6,725.39	Q 154,683.91
9.00	RELLENO MANUAL CON MATERIAL SELECTO t=0.3	411.00	M3	Q 210.43	Q 86,487.27
TOTAL					Q 1,980,427.53

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. Cronograma de ejecución

PROYECTO																								
ALCANTARILLADO SANITARIO EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS																								
MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA																								
CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA.																								
MESES EN EJECUCION																								
No	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	DEL RENGLO	MES NO. 1				MES NO. 2				MES NO. 3				MES NO. 4					
1	TRABAJOS PRELIMINARES	ML	2,280.00	19.82	44,724.40	2.26%																		
2	REFLANTEO TOPOGRAFICO	ML	2,280.00	7.17	16,342.95	0.83%																		
3	EXCAVACION DE ZANJA PARA TUBERIA	M3	1,915.20	191.43	366,624.74	18.51%																		
4	INSTALACION DE TUBERIA DE 6"	M3	1,915.20	458.65	878,408.00	44.35%																		
5	CANDELAS (CON ACOMETIDA DOMICILIAR)	M3	136.00	2,143.70	291,542.81	14.72%																		
6	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA TIPO 3 H=3M	UNIDAD	2.00	10,087.63	20,175.26	1.02%																		
7	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA TIPO 2 H=1.5 M Y < 3 M	UNIDAD	16.00	7,589.89	121,438.20	6.13%																		
8	CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA TIPO 1 H < 1.5 M	UNIDAD	23.00	6,725.39	154,683.91	7.81%																		
9	RELLENO MANUAL CON MATERIAL SELECTO t=0.3	M3	411.00	210.43	86,487.27	4.37%																		
				TOTAL	1,980,427.54	100%																		
PRECIO TOTAL DEL PROYECTO				Q1,980,427.54																				
ALCANTARILLADO SANITARIO EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS																								
MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA																								

Fuente: elaboración propia.

2.2.16. Estudio económico

En todo proyecto de ámbito social o de prestación de servicios a la comunidad el estudio económico que involucra el conocimiento del flujo de efectivo, ingresos y egresos, de un proyecto no puede ser utilizado directamente. Sin embargo, se demostrará la inexistencia de un criterio de evaluación de proyectos desde el punto de vista financiero.

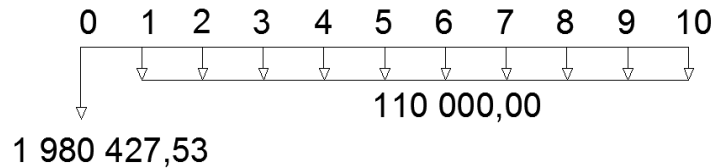
2.2.16.1. Valor presente neto

En el caso del alcantarillado sanitario, el flujo de efectivo se considera negativo debido a la inversión inicial que el proyecto requiere, así como los gastos de operación y mantenimiento preventivo necesarios para garantizar el óptimo desempeño del sistema, razón por la cual, el Valor Presente Neto (VPN) será negativo y está dado en quetzales.

De manera que, se asume un costo de Q. 111 000,00 para el mantenimiento preventivo mínimo de la red de alcantarillado.

Además, en los cálculos siguientes, solo se consideran los primeros 10 años de vida operativa del proyecto. Se puede asumir de manera correcta una tasa de interés mínima de 12%.

Figura 48. **Flujo efectivo para el alcantarillado sanitario, caserío
Concepción El Pilar II**



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2014.

$$VPN = - 1\,980\,427,53 - 111\,000 \left[\frac{(1 + 0,12)^{10} - 1}{0,12 \times (1 + 0,12)^{10}} \right]$$

$$VPN = - 2\,607\,602,29$$

2.2.16.2. Tasa interna de retorno

Otro indicador económico es la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual se define como la tasa de interés a la que se recupera la inversión inicial en un proyecto, sin pérdidas ni ganancias. En proyectos de inversión, indica en cuanto tiempo el flujo de caja permitirá al inversionista empezar a percibir las ganancias; en el caso de un proyecto social, donde el flujo de caja es solo de egresos, no es posible calcular dicha tasa ya que nunca se recupera la inversión inicial.

Dado que el aporte de la comunidad será la mano de obra no calificada, el estimar costos para la realización de un flujo de caja es poco realista, por lo que se define que el proyecto debe considerarse factible cuando se obtenga el financiamiento requerido para su ejecución, debido a que el beneficio de perdurar la salubridad, el medio ambiente y la preservación de los recursos naturales es de vital importancia en nuestro país.

2.2.17. Estudio de impacto ambiental (EIA)

Se utilizará una matriz de Leopold, para describir los posibles impactos adversos significativos, impactos adversos no significativos e impactos benéficos significativos, basándose en la misma información de los diseño del proyecto.

2.2.17.1. Impacto ocasionado al ambiente

La matriz de Leopold de los impactos al ambiente que se ocasionarán durante la construcción de proyecto de alcantarillado sanitario para el caserío Concepción El Pilar II, determina que no existirán impactos adversos significativos al ambiente en los procedimientos que se realizarán, como se planificó cualitativamente y cuantitativamente.

2.2.17.2. Impactos adversos no significativos

Se definen en orden numérico, relacionados con las actividades básicas del proyecto y se detallan a continuación:

- **Análisis y selección del sitio**
Se verán afectados por las características de drenajes naturales y el flujo de los mismos que actualmente drenan de las partes más altas del terreno.
- **Quema**
Al quemar toda la maleza y ramas de árboles, se podrá provocar un impacto adverso no significativo en la calidad del aire, especialmente para los trabajadores.
- **Manejo y disposición final de residuos**

La disposición inadecuada de residuos fuera del área de los proyectos en áreas ajenas, puede afectar el uso potencial y la calidad del suelo. La disposición de excretas de los trabajadores, de no existir letrinas provocara malos olores y contaminación al ambiente.

- **Excavación de drenajes y agua**

La excavación de las zanjas para drenajes y agua al quedar mucho tiempo abiertas, por detención de la obra u otras razones, afectará las características del fondo y bordes de las zanjas abiertas y podrá provocar serios erosionamientos. La mala compactación de las zanjas al terminarse la obra, podrá repercutir posteriormente en las estructuras superficiales viales, provocando asentamientos indeseados del terreno mal compactado.

- **Maquinaria y equipo**

Eventualmente, la maquinaria y equipo en la construcción, podrá provocar ruidos molestos al oído humano, en especial de los trabajadores. La maquinaria en sus operaciones de movimientos podrá provocar erosionamientos en bordes del terreno.

- **Acarreo de materiales**

El acarreo de materiales para consolidación del suelo, puede provocar en su volteo, contaminación en el aire, provocando mala calidad del aire para los trabajadores como los pobladores de los caseríos.

- **Manejo y disposición de desechos**

Las disposiciones finales de los desechos de la construcción y desechos humanos, podrá variar la calidad del agua que se genere superficialmente por lluvias, si se estuviese trabajando en esta época todavía. Esta disposición inadecuada de desechos de construcción podrá provocar erosionamientos indeseados de estos mismos materiales, incompatibilidad del uso del suelo y la mala calidad de los mismos,

2.2.17.3. Impacto benéficos significativos

Como proyecto de apoyo social, su ejecución redundará en impactos benéficos para la comunidad, de la manera siguiente:

- **Análisis y selección del sitio**
La tenencia de la tierra se verá reforzada económicamente por la implantación de proyectos de saneamiento.
- **Generación de mano de obra**
Las expectativas de creación de mano de obra vendrán a ser benéficas para la economía de la región. La oportunidad que proporcionará a muchas, personas no calificadas, de aprender un oficio mejorará la capacidad de mano de obra de la región.
- **Mantenimiento preventivo y correctivo**
El mantenimiento preventivo y correctivo que se le dará a los proyectos generará empleos permanentes de mano de obra del área y el mantenimiento ideal de los proyectos.

2.2.17.4. Medidas de mitigación a los principales impactos

Cualquier impacto negativo, significativo o no, puede aceptarse siempre y cuando se mantengan medidas de mitigación que reducirán o eliminarán totalmente sus efectos.

- **Localización y preparación del sitio**
Durante el movimiento de tierra debe buscarse el acomodamiento más adecuado del sitio donde se harán los depósitos de tierra, controlando

que estos sean asentados en áreas donde no se provoquen deslaves indeseados por escorrentía superficial.

- El área de construcción debe equiparse, obligatoriamente, con letrinas y basureros provisionales, de tal manera que los trabajadores no contaminen los alrededores.
- Deben tomarse en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias para que los trabajadores de la construcción y los maquinistas sean más educados y evitarles la mayor cantidad de accidentes.

2.2.17.5. Operación y mantenimiento

La comunidad debe seleccionar al personal para realizar la inspección del sistema de drenaje sanitario, por lo menos, una vez al año para comprobar el flujo normal de los desechos.

Para llevar a cabo la inspección visual, se colocará una linterna dentro de la tubería en el pozo de visita, luego, se observará. El propósito de la inspección es verificar la existencia o no, de obstrucciones en el sistema. Otra forma de realizar la inspección es verter una cantidad de agua en la tubería y observar si entra y sale de la tubería con facilidad.

Cada vecino será responsable por el mantenimiento de la candela correspondiente en su vivienda, ya que ésta deberá conservarse en buen estado para un funcionamiento adecuado.

CONCLUSIONES

1. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es la única herramienta de proyección social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos mediante la cual muestra al estudiante la realidad nacional en infraestructura, servicios y calidad de vida se refiere. Su objetivo principal es aportar el conocimiento adquirido en los años de estudios superiores para la planificar proyectos de desarrollo comunitario que coadyuven a solventar la problemática actual e inmediata de una comunidad.
2. La escuela primaria del caserío Santa Fe Ocaña, aldea Lo de Ramos San Juan Sacatepéquez, es un edificio de dos plantas con capacidad para albergar dos jornadas de la población en edad escolar del caserío y áreas circundantes que hasta hoy no cumple con la demanda de este sector de la sociedad. El costo total del proyecto asciende a (Q3 030 702,69). Se pretende que el proyecto sea capaz de habilitarse como alberque en caso de emergencia para beneficiar a la comunidad del sector.
3. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario del caserío Concepción El Pilar II, aldea Lo De Ramos, San Juan Sacatepéquez, tiene una longitud total aproximada de 2 280 metros; el costo total asciende a (Q 1 980 427,53), el número de beneficiarios totales es aproximadamente 131 familias que carecen del servicio de saneamiento básico.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala:

1. Dar prioridad a la planificación y ejecución de proyectos de saneamiento básico, para fomentar una educación sanitaria en las comunidades y preservar los recursos naturales y el medio ambiente.
2. Buscar fuentes de financiamiento externas que permitan la ejecución de proyectos de los cuales se conoce su factibilidad y cuenten con un estudio técnico completo para ayudar a solucionar los problemas más inmediatos en las comunidades.
3. Supervisar, de manera eficiente, la ejecución de proyectos, para que se apeguen a los planos constructivos, especificaciones técnicas y técnicas de construcción calificadas que protejan la inversión económica y garanticen su correcto desempeño para la comunidad a la que beneficia. Debe prevalecer el beneficio social frente al particular.
4. Realizar una revisión y actualización de los costos de los proyectos al momento de su ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Bases generales de diseño y construcción*. Guatemala: AGIES, Colección NR-1, 2000. 45 p.
2. BAZÁN, Enrique; MELI, Roberto. *Diseño sísmico de edificios*. México D.F.: Limusa, 1985. 200 p.
3. CANTER, Larry. Manual de evaluación de impacto ambiental, técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. 2a ed. España: McGraw-Hill, 1998. 841 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5ª ed. México D.F.: Limusa, 2004. 650 p.
5. DAS, Braja. Principios de ingeniería de cimentaciones. 5a ed. México D.F.: Thomson, 2006. 766 p.
6. Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección. Guatemala: AGIES, Colección NR-2, 2002. 42 p.
7. DG Política Regional, Comisión Europea. *Guía del análisis costes/beneficios de los proyectos de inversión*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2003. 154 p.

8. Diseño estructural de edificaciones. Guatemala: AGIES, Colección NR-3, 2001. 61 p.
9. DOWRICK, David. Diseño de estructuras resistentes a sismos: para ingenieros y arquitectos. México D.F.: Limusa, 1984. 410 p.
10. FAIR, Gordon; SELLER, John; OKUN, Daniel. *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales*. 13a ed. México D.F.: Limusa-Wiley, 1998. 548 p.
11. GONZÁLEZ CUEVAS, Oscar. *Análisis estructural*. México D.F.: Limusa, 2003. 200 p.
12. Instituto Americano del Concreto, Comité 318. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-08) y Comentario (ACI 318SR-08)*. Estados Unidos: ACI, 2008. 518 p.
13. Instituto de Fomento Municipal. Normas generales para diseño de alcantarillados. Guatemala: INFOM, 2001. 25 p.
14. International Conference of Building Officials. *Uniform Building Code: Structural Engineering Design Provisions*. 8a ed., vol. 2. Estados Unidos: UBC, 1997. 492 p.
15. KANI, Greg; RODÓN Enrique. Cálculo de pórticos de varios pisos. España: Reverté, 1981. 100 p.
16. MCCORMAC, Jack. *Diseño de concreto reforzado*. 4a ed. México D.F.: Alfaomega, 2002. 784 p.

17. Ministerio de Educación. Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos. Guatemala: MINEDUC, 2007. 157 p.
18. NILSON, Arthur; WINTER, George. Diseño de estructuras de concreto. 11a ed. Colombia: McGraw-Hill, 1994. 770 p.

APÉNDICES

- Apéndice 1. **Memoria de cálculo hidráulico del alcantarillado sanitario
caserío Concepción El Pilar 2**

Fuente: elaboración propia.

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS

DE PV	A PV	CASAS		HABITANTES		Q _{dom}		Q _{lilic}		Q _{sanitario}		FQM		CHEQUEO FQM		FH		Q _{diseño} (lt/seg)	
		CANT.	ACUM	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
1	2	2	2	12	24	0.017	0.034	0.002	0.003	0.018	0.037	0.002	0.002	0.002	0.002	4.41	4.37	0.106	0.212
2	3	1	3	18	36	0.025	0.051	0.003	0.005	0.028	0.056	0.002	0.002	0.002	0.002	4.39	4.34	0.158	0.316
3	4	1	4	24	49	0.033	0.068	0.003	0.007	0.037	0.074	0.002	0.002	0.002	0.002	4.37	4.32	0.210	0.420
4	5	2	6	36	73	0.050	0.101	0.005	0.010	0.055	0.111	0.002	0.002	0.002	0.002	4.34	4.28	0.313	0.624
5	6	2	8	48	97	0.067	0.135	0.007	0.014	0.073	0.149	0.002	0.002	0.002	0.002	4.32	4.25	0.415	0.826
6	7	8	16	96	194	0.133	0.270	0.013	0.027	0.147	0.297	0.002	0.002	0.002	0.002	4.25	4.15	0.816	1.615
7	8	2	18	108	219	0.150	0.304	0.015	0.030	0.165	0.334	0.002	0.002	0.002	0.002	4.23	4.13	0.915	1.808
8	9	3	21	126	255	0.175	0.354	0.018	0.035	0.193	0.390	0.002	0.002	0.002	0.002	4.21	4.11	1.062	2.096
9	10	8	29	174	352	0.242	0.489	0.024	0.049	0.266	0.538	0.002	0.002	0.002	0.002	4.17	4.05	1.451	2.853
10	11	1	30	180	365	0.250	0.506	0.025	0.051	0.275	0.557	0.002	0.002	0.002	0.002	4.16	4.04	1.499	2.946
11	12	5	35	210	425	0.292	0.591	0.029	0.059	0.321	0.650	0.002	0.002	0.002	0.002	4.14	4.01	1.739	3.410
12	13	1	36	216	437	0.300	0.608	0.030	0.061	0.330	0.668	0.002	0.002	0.002	0.002	4.14	4.00	1.787	3.502
13	14	7	43	258	522	0.358	0.726	0.036	0.073	0.394	0.798	0.002	0.002	0.002	0.002	4.11	3.96	2.119	4.143
14	15	7	50	300	608	0.417	0.844	0.042	0.084	0.458	0.928	0.002	0.002	0.002	0.002	4.08	3.93	2.447	4.774
15	16	2	52	312	632	0.433	0.878	0.043	0.088	0.477	0.965	0.002	0.002	0.002	0.002	4.07	3.92	2.540	4.953
16	17	2	54	324	656	0.450	0.911	0.045	0.091	0.495	1.002	0.002	0.002	0.002	0.002	4.06	3.91	2.633	5.132
17	18	1	55	330	668	0.458	0.928	0.046	0.093	0.504	1.021	0.002	0.002	0.002	0.002	4.06	3.91	2.680	5.221
18	19	4	59	354	717	0.492	0.996	0.049	0.100	0.541	1.095	0.002	0.002	0.002	0.002	4.05	3.89	2.865	5.575
19	20	3	62	372	753	0.517	1.046	0.052	0.105	0.568	1.151	0.002	0.002	0.002	0.002	4.04	3.88	3.003	5.840
20	21	1	63	378	766	0.525	1.063	0.053	0.106	0.578	1.170	0.002	0.002	0.002	0.002	4.03	3.87	3.049	5.928
21	22	5	68	408	826	0.567	1.148	0.057	0.115	0.623	1.262	0.002	0.002	0.002	0.002	4.02	3.85	3.279	6.365
22	23	3	71	426	863	0.592	1.198	0.059	0.120	0.651	1.318	0.002	0.002	0.002	0.002	4.01	3.84	3.416	6.626
23	24	1	72	432	875	0.600	1.215	0.060	0.122	0.660	1.337	0.002	0.002	0.002	0.002	4.01	3.84	3.461	6.713
24	25	5	77	462	936	0.642	1.299	0.064	0.130	0.706	1.429	0.002	0.002	0.002	0.002	3.99	3.82	3.688	7.145
25	26	5	82	492	996	0.683	1.384	0.068	0.138	0.752	1.522	0.002	0.002	0.002	0.002	3.98	3.80	3.914	7.574
26	27	5	87	522	1057	0.725	1.468	0.073	0.147	0.798	1.615	0.002	0.002	0.002	0.002	3.96	3.78	4.139	8.001
27	28	9	96	576	1166	0.800	1.620	0.080	0.162	0.880	1.782	0.002	0.002	0.002	0.002	3.94	3.76	4.541	8.762
28	29	1	97	582	1179	0.808	1.637	0.081	0.164	0.889	1.801	0.002	0.002	0.002	0.002	3.94	3.75	4.585	8.846
29	30	3	100	600	1215	0.833	1.688	0.083	0.169	0.917	1.856	0.002	0.002	0.002	0.002	3.93	3.74	4.719	9.098
30	31	6	106	636	1288	0.883	1.789	0.088	0.179	0.972	1.968	0.002	0.002	0.002	0.002	3.92	3.73	4.984	9.599
31	32	5	111	666	1349	0.925	1.873	0.093	0.187	1.018	2.061	0.002	0.002	0.002	0.002	3.91	3.71	5.204	10.014
32	33	0	111	666	1349	0.925	1.873	0.093	0.187	1.018	2.061	0.002	0.002	0.002	0.002	3.91	3.71	5.204	10.014
33	34	1	112	672	1361	0.933	1.890	0.093	0.189	1.027	2.079	0.002	0.002	0.002	0.002	3.90	3.71	5.248	10.097
34	35	5	117	702	1422	0.975	1.975	0.098	0.197	1.073	2.172	0.002	0.002	0.002	0.002	3.89	3.70	5.467	10.510
35	36	0	117	702	1422	0.975	1.975	0.098	0.197	1.073	2.172	0.002	0.002	0.002	0.002	3.89	3.70	5.467	10.510
36	37	4	121	726	1470	1.008	2.042	0.101	0.204	1.109	2.246	0.002	0.002	0.002	0.002	3.89	3.69	5.642	10.838
37	38	6	127	762	1543	1.058	2.143	0.106	0.214	1.164	2.358	0.002	0.002	0.002	0.002	3.87	3.67	5.902	11.329
38	39	4	131	786	1592	1.092	2.211	0.109	0.221	1.201	2.432	0.002	0.002	0.002	0.002	3.86	3.66	6.076	11.654
39	40	3	134	804	1628	1.117	2.261	0.112	0.226	1.228	2.488	0.002	0.002	0.002	0.002	3.86	3.65	6.205	11.897
40	41	2	136	816	1653	1.133	2.295	0.113	0.230	1.247	2.525	0.002	0.002	0.002	0.002	3.86	3.65	6.292	12.059
41	planta	0	136	816	1653	1.133	2.295	0.113	0.230	1.247	2.525	0.002	0.002	0.002	0.002	3.86	3.65	6.292	12.059

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERÍO CONCEPCIÓN EL PILAR II, ALDEA LO DE RAMOS

DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (m)	S(%) TERRENO	Q _{lit} (lts/seg.)		Ø (in)	S (%) TUBO	A (m²)	SECCION LLENA		q/Q		v/v		d/D		v (m/s)		VELOCIDAD		TIRANTE (In)		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD POZO	
		INICIAL	FINAL			ACTUAL	FUTURO				V (m/seg.)	Q (l/s)	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	CIS	CIE	INICIO	FINAL
1	2	583.03	576.00	75.77	9.278	0.11	0.21	6	7.17	0.02	3.0	55.29	0.002	0.0038	0.192	0.25	0.032	0.045	0.58	0.73	OK	OK	0.19	0.27	580.03	574.60	3.00	1.40
2	3	576.00	574.67	44.23	3.007	0.16	0.32	6	3.17	0.02	2.01	36.75	0.004	0.01	0.25	0.30	0.05	0.07	0.50	0.61	OK	OK	0.28	0.39	574.57	573.17	1.43	1.50
3	4	574.67	572.55	65.10	3.257	0.21	0.42	6	3.21	0.02	2.03	37.01	0.01	0.01	0.27	0.33	0.05	0.07	0.55	0.67	OK	OK	0.32	0.44	573.14	571.05	1.53	1.50
4	5	572.55	562.56	91.57	10.910	0.31	0.62	6	10.88	0.02	3.73	68.12	0.00	0.01	0.25	0.31	0.05	0.07	0.93	1.16	OK	OK	0.29	0.40	571.02	561.06	1.53	1.50
5	6	562.56	559.10	27.03	12.801	0.41	0.83	6	12.69	0.02	4.03	73.57	0.01	0.01	0.27	0.33	0.05	0.07	1.08	1.34	OK	OK	0.32	0.44	561.03	557.60	1.53	1.50
6	7	559.10	547.50	92.48	12.543	0.82	1.61	6	12.40	0.02	3.99	72.74	0.01	0.02	0.33	0.41	0.07	0.10	1.32	1.62	OK	OK	0.44	0.61	557.57	546.10	1.53	1.40
7	8	547.50	545.20	47.64	4.828	0.91	1.81	6	4.76	0.02	2.47	45.08	0.02	0.04	0.40	0.49	0.10	0.14	0.98	1.20	OK	OK	0.59	0.82	546.07	543.80	1.43	1.40
8	9	545.20	533.75	64.75	17.683	1.06	2.10	6	17.64	0.02	4.75	86.74	0.01	0.02	0.34	0.42	0.08	0.11	1.61	1.99	OK	OK	0.46	0.64	543.77	532.35	1.43	1.40
9	10	533.75	522.50	62.05	18.131	1.45	2.85	6	18.08	0.02	4.81	87.83	0.02	0.03	0.37	0.46	0.09	0.12	1.79	2.20	OK	OK	0.53	0.74	532.32	521.10	1.43	1.40
10	11	522.50	513.50	52.42	17.169	1.50	2.95	6	17.11	0.02	4.68	85.44	0.02	0.03	0.38	0.47	0.09	0.13	1.78	2.18	OK	OK	0.55	0.76	521.07	512.10	1.43	1.40
11	12	513.50	505.00	67.55	12.583	1.74	3.41	6	12.54	0.02	4.01	73.13	0.02	0.05	0.42	0.51	0.11	0.15	1.67	2.05	OK	OK	0.64	0.88	512.07	503.60	1.43	1.40
12	13	505.00	504.00	7.01	14.265	1.79	3.50	6	13.84	0.02	4.21	76.83	0.02	0.05	0.41	0.51	0.11	0.15	1.74	2.13	OK	OK	0.63	0.87	503.57	502.60	1.43	1.40
13	14	504.00	500.00	84.39	4.740	2.12	4.14	6	4.70	0.02	2.46	44.80	0.05	0.09	0.51	0.62	0.15	0.21	1.26	1.53	OK	OK	0.89	1.23	502.57	498.60	1.43	1.40
14	15	500.00	493.75	64.12	9.747	2.45	4.77	6	9.70	0.02	3.53	64.33	0.04	0.07	0.48	0.59	0.13	0.18	1.69	2.06	OK	OK	0.80	1.10	498.57	492.35	1.43	1.40
15	16	493.75	493.00	57.39	1.307	2.54	4.95	6	1.25	0.02	1.27	23.13	0.11	0.21	0.66	0.80	0.22	0.31	0.83	1.01	OK	OK	1.34	1.88	492.32	491.60	1.43	1.40
16	17	493.00	492.70	56.50	0.531	2.63	5.13	6	0.48	0.02	0.78	14.28	0.18	0.36	0.76	0.92	0.29	0.41	0.60	0.72	OK	OK	1.74	2.48	491.57	491.30	1.43	1.40
17	18	492.70	492.52	50.00	0.360	2.68	5.22	6	0.50	0.02	0.80	14.60	0.18	0.36	0.76	0.92	0.29	0.41	0.61	0.73	OK	OK	1.74	2.48	491.27	491.02	1.43	1.40
18	19	492.52	492.20	77.69	0.412	2.87	5.58	6	0.63	0.02	0.80	14.63	0.20	0.38	0.77	0.93	0.30	0.43	0.62	0.75	OK	OK	1.79	2.57	490.99	490.60	1.53	1.60
19	20	492.20	491.89	44.79	0.692	3.00	5.84	6	4.35	0.02	2.36	43.07	0.09	0.17	0.61	0.74	0.20	0.28	1.44	1.75	OK	OK	1.18	1.65	486.97	483.52	2.53	1.40
20	21	491.89	492.50	45.51	1.340	3.05	5.93	6	1.41	0.02	1.34	24.49	0.12	0.24	0.68	0.82	0.24	0.34	0.91	1.11	OK	OK	1.43	2.01	490.26	489.62	1.63	2.88
21	22	492.50	492.50	84.00	0.000	3.28	6.37	6	1.80	0.02	1.52	27.69	0.12	0.23	0.67	0.81	0.23	0.33	1.02	1.23	OK	OK	1.39	1.96	489.59	488.08	2.91	4.42
22	23	492.50	489.80	105.00	2.571	3.42	6.63	6	0.71	0.02	0.96	17.46	0.20	0.38	0.77	0.93	0.30	0.43	0.74	0.89	OK	OK	1.79	2.56	488.05	487.30	4.45	2.50
23	24	489.80	489.50	55.50	0.541	3.46	6.71	6	0.49	0.02	0.79	14.41	0.24	0.47	0.82	0.98	0.33	0.48	0.65	0.78	OK	OK	2.00	2.87	487.27	487.00	2.53	2.50
24	25	489.50	484.92	79.32	5.774	3.69	7.15	6	4.35	0.02	2.36	43.07	0.09	0.17	0.61	0.74	0.20	0.28	1.44	1.75	OK	OK	1.18	1.65	486.97	483.52	2.53	1.40
25	26	484.92	477.90	35.68	19.675	3.91	7.57	6	19.59	0.02	5.01	91.42	0.04	0.08	0.50	0.60	0.14	0.19	2.49	3.03	OK	OK	0.85	1.16	483.49	476.50	1.43	1.40
26	27	477.90	461.25	99.5	16.734	4.14	8.00	6	16.70	0.02	4.63	84.41	0.05	0.09	0.52	0.63	0.15	0.21	2.39	2.90	OK	OK	0.90	1.24	476.47	459.85	1.43	1.40
27	28	461.25	456.10	61.50	8.374	4.54	8.76	6	8.33	0.02	3.27	59.59	0.08	0.15	0.59	0.71	0.19	0.26	1.93	2.34	OK	OK	1.12	1.55	459.82	454.70	1.43	1.40
28	29	456.10	452.00	38.50	10.649	4.59	8.85	6	10.57	0.02	3.68	67.15	0.07	0.13	0.57	0.69	0.18	0.25	2.10	2.55	OK	OK	1.06	1.47	454.67	450.60	1.43	1.40
29	30	452.00	443.00	48.58	18.526	4.72	9.10	6	18.46	0.02	4.87	88.75	0.05	0.10	0.53	0.64	0.16	0.22	2.58	3.13	OK	OK	0.94	1.30	450.57	441.60	1.43	1.40
30	31	443.00	432.50	43.75	24.000	4.98	9.60	6	23.93	0.02	5.54	101.04	0.05	0.10	0.52	0.63	0.15	0.21	2.87	3.49	OK	OK	0.91	1.25	441.57	431.10	1.43	1.40
31	32	432.50	425.00	56.71	13.225	5.20	10.01	6	13.17	0.02	4.11	74.96	0.07	0.13	0.57	0.69	0.18	0.25	2.36	2.85	OK	OK	1.07	1.48	431.07	423.60	1.43	1.40
32	33	425.00	422.50	16.00	15.625	5.20	10.01	6	15.44	0.02	4.45	81.15	0.06	0.12	0.56	0.68	0.17	0.24	2.49	3.02	OK	OK	1.03	1.42	423.57	421.10	1.43	1.40
33	34	422.50	418.00	23.56	19.100	5.25	10.10	6	18.97	0.02	4.93	89.96	0.06	0.11	0.54	0.66	0.16	0.23	2.68	3.26	OK	OK	0.98	1.36	421.07	416.60	1.43	1.40
34	35	418.00	418.50	49.40	1.012	5.47	10.51	6	0.67	0.02	0.93	16.88	0.32	0.62	0.89	1.05	0.39	0.57	0.83	0.98	OK	OK	2.35	3.43	416.37	416.24	1.43	2.26
35	36	418.50	417.60	25.24	3.566	5.47	10.51	6	0.44	0.02	0.75	13.63	0.40	0.77	0.94	1.10	0.44	0.66	0.71	0.82	OK	OK	2.64	3.94	416.21	416.10	2.29	1.50
36	37	417.60	417.20	48.37	0.827	5.64	10.84	6	0.56	0.02	0.85	15.43	0.37	0.70	0.92	1.08	0.42	0.62	0.78	0.92	OK	OK	2.51	3.70	416.07	415.80	1.53	1.40
37	38	417.20	417.20	83.46	0.000	5.90	11.33	6	0.44	0.02	0.75	13.75	0.43	0.82	0.96	1.12	0.46	0.69	0.72	0.84	OK	OK	2.74	4.15	415.77	415.40	1.83	1.80
38	39	417.20	417.10	58.50	0.171	6.08	11.65	6	0.46	0.02	0.77	14.03	0.43	0.83	0.96	1.12	0.46	0.70	0.74	0.86	OK	OK	2.76	4.17	415.37	415.10	1.83	2.00
39	40	417.10	417.00	44.78	0.223	6.21	11.90	6	0.38	0.02	0.70	12.73	0.49	0.93	0.99	1.14	0.49	0.77	0.69	0.79	OK	OK	2.95	4.60	415.07	414.90	2.03	2.10
40	41	417.00	416.70	44.72	0.671	6.29	12.06	6	0.38	0.02	0.70	12.73	0.49	0.95	1.00	1.14	0.50	0.78	0.70	0.79	OK	OK	2.98	4.65	414.87	414.70	2.13	2.00
41	planta	416.70	415.00	80.00	2.125	6.29	12.06	6	2.09	0.02	1.64	29.84	0.21	0.40	0.79	0.95	0.31	0.44	1.29	1.55	OK	OK	1.87	2.65	414.67	413.00	2.03	

Apéndice 2. **Planos constructivos alcantarillado sanitario caserío**
Concepción El Pilar 2

Fuente: elaboración propia.



NOMENCLATURA POZOS		
NO.	ALTURA TIPO DE POZOS	TIPO
PV-1	HP=1.00	TIPO-3
PV-2	HP=1.40	TIPO-1
PV-3	HP=1.50	TIPO-2
PV-4	HP=1.50	TIPO-2
PV-5	HP=1.50	TIPO-2
PV-6	HP=1.50	TIPO-2
PV-7	HP=1.40	TIPO-1
PV-8	HP=1.40	TIPO-1
PV-9	HP=1.40	TIPO-1
PV-10	HP=1.40	TIPO-1
PV-11	HP=1.40	TIPO-1
PV-12	HP=1.40	TIPO-1
PV-13	HP=1.40	TIPO-1
PV-14	HP=1.40	TIPO-1
PV-15	HP=1.40	TIPO-1
PV-16	HP=1.40	TIPO-1
PV-17	HP=1.40	TIPO-1
PV-18	HP=1.50	TIPO-2
PV-19	HP=1.50	TIPO-2
PV-20	HP=1.50	TIPO-2
PV-21	HP=2.88	TIPO-2
PV-22	HP=4.45	TIPO-3
PV-23	HP=2.50	TIPO-2
PV-24	HP=2.50	TIPO-2
PV-25	HP=1.40	TIPO-1
PV-26	HP=1.40	TIPO-1
PV-27	HP=1.40	TIPO-1
PV-28	HP=1.40	TIPO-1
PV-29	HP=1.40	TIPO-1
PV-30	HP=1.40	TIPO-1
PV-31	HP=1.40	TIPO-1
PV-32	HP=1.40	TIPO-1
PV-33	HP=1.40	TIPO-1
PV-34	HP=1.40	TIPO-1
PV-35	HP=2.28	TIPO-2
PV-36	HP=1.50	TIPO-2
PV-37	HP=1.40	TIPO-1
PV-38	HP=1.80	TIPO-2
PV-39	HP=2.00	TIPO-2
PV-40	HP=2.10	TIPO-2
PV-41	HP=2.00	TIPO-2

NOMENCLATURA	
E- #	INDICA LAS ESTACIONES
PVC 6"	TUBERIA DE PVC DE 6 PLG
PV-1	INDICA POZO DE VISITA
S	PENDIENTE
↑	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE
□	VIVIENDAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

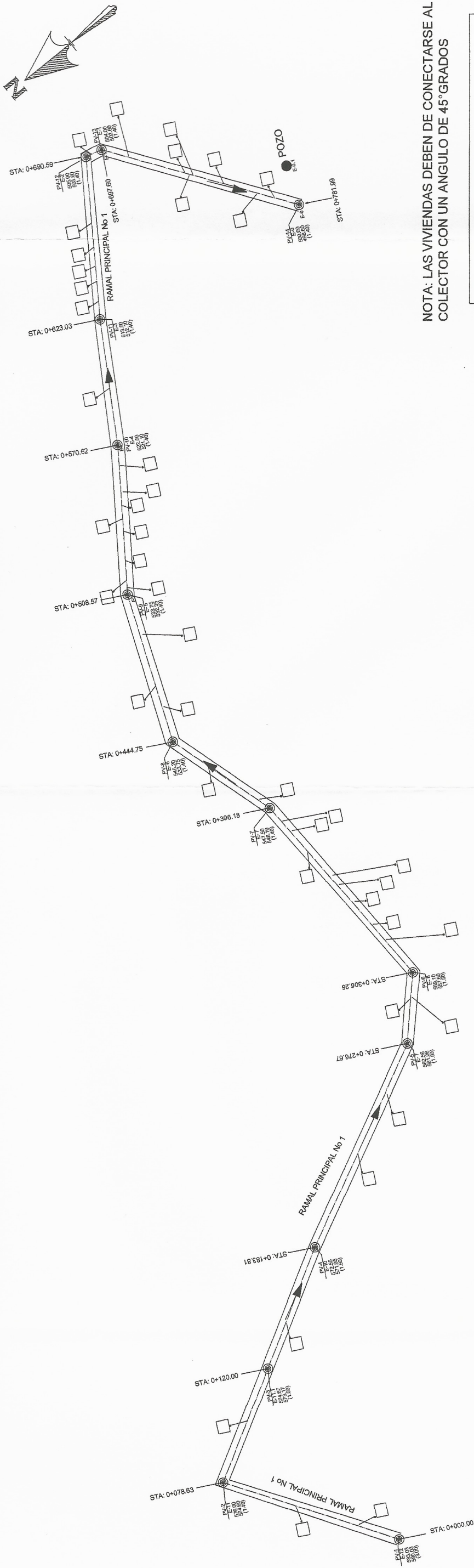
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II
SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE
PLANTA DE CONJUNTO
Inga. Mayra Rebeca García Sierra
ASESORA: SUPLENTE DE EPS
Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS
FACULTAD DE INGENIERIA

PROFESOR: RBID MOSCOSO RIVAS
DIBUJO: RBID MOSCOSO RIVAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: MARZO 2017

PLANTA GENERAL DEL PROYECTO

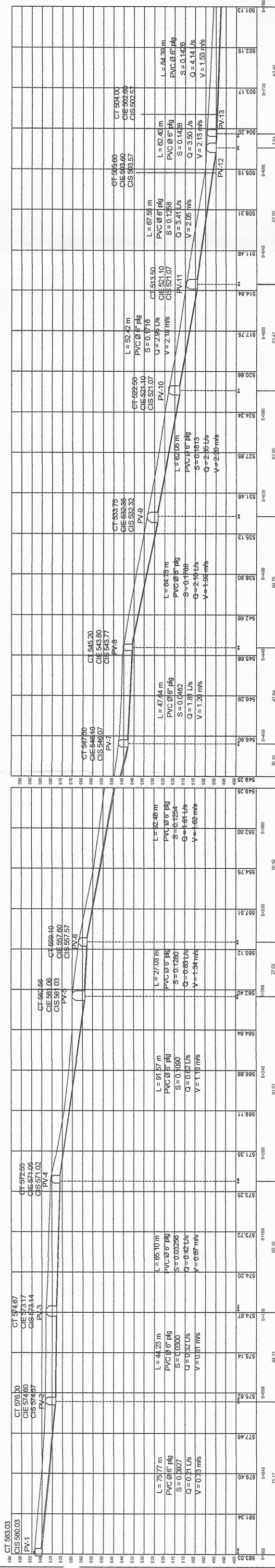
ESCALA HORIZONTAL 1/1000



NOTA: LAS VIVIENDAS DEBEN DE CONECTARSE AL COLECTOR CON UN ANGULO DE 45° GRADOS

NOMENCLATURA	
E- #	INDICA LAS ESTACIONES
PVC 6"	TUBERIA DE PVC DE 6 PLG
PV-1	INDICA POZO DE VISITA
S	PENDIENTE
→	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE
□	VIVIENDAS

PLANTA RAMAL PRINCIPAL 0+000 A 0+760
ESCALA HORIZONTAL 1/500



PERFIL RAMAL PRINCIPAL DE PV-1 A PV-14
ESCALA VERTICAL 1/500
ESCALA HORIZONTAL 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II

SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: Ramal principal de 0+000 a 0+760

HOJA: 2

TIPO: A

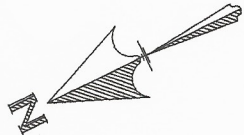
5

INGENIERO: REID MOSCOSO RIVAS

DISEÑO: REID MOSCOSO RIVAS

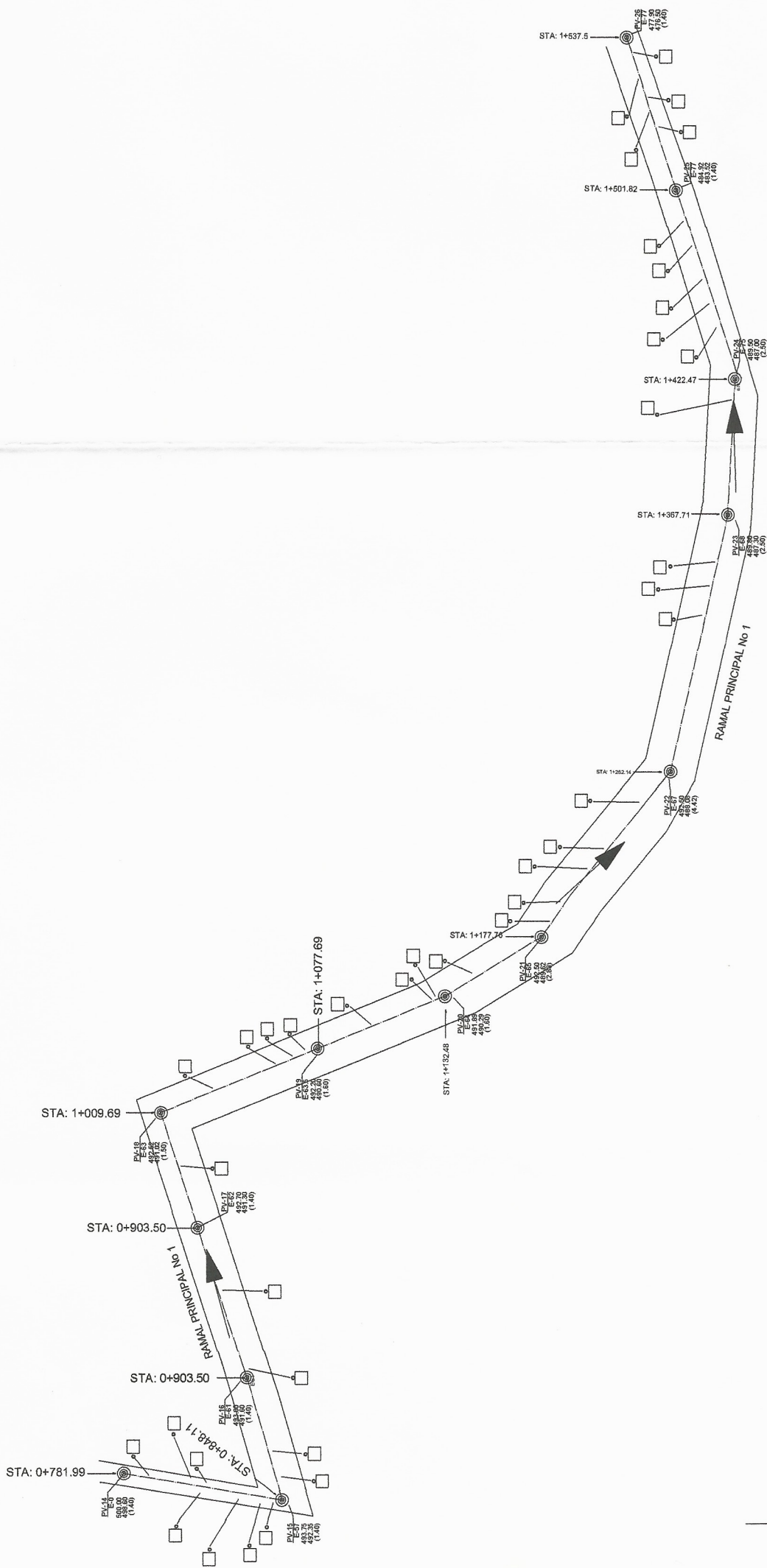
ESCALA: INDICADA

FECHA: MARZO 2017

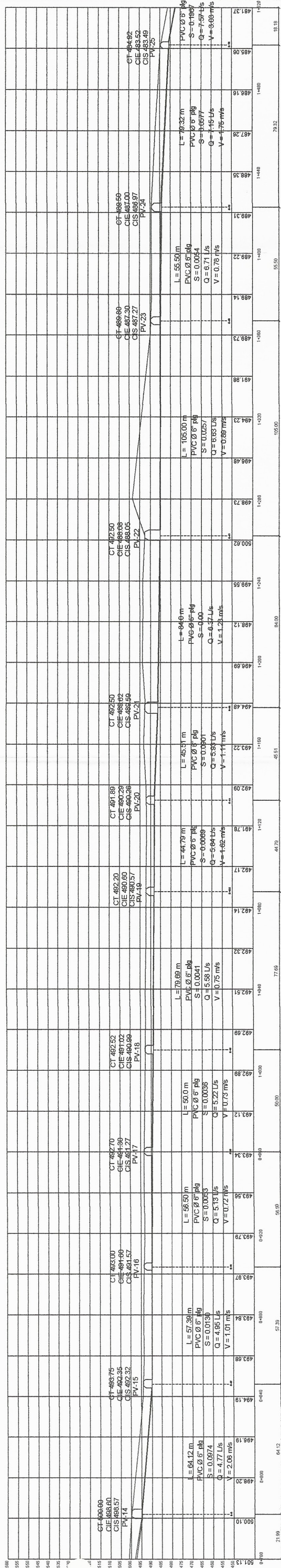


NOTA: LAS VIVIENDAS DEBEN DE CONECTARSE AL COLECTOR CON UN ANGULO DE 45°GRADOS

NOMENCLATURA	
E- #	INDICA LAS ESTACIONES
PVC 6"	TUBERIA DE PVC DE 6 PLG
PV-1	INDICA POZO DE VISITA
S	PENDIENTE
	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE
	VIVIENDAS



PLANTA RAMAL PRINCIPAL 0+760 A 1+520



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II
SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE:
Ramal principal de 0+760 a 1+520
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS

TIPO
A

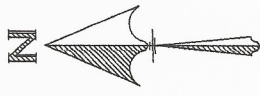
HOJA
3

INGENIERO: REID MOSCOSO
DIBUJO: REID MOSCOSO
ESCALA: INDICADA
FECHA: MARZO 2017

INGENIERO: REID MOSCOSO
DIBUJO: REID MOSCOSO
ESCALA: INDICADA
FECHA: MARZO 2017

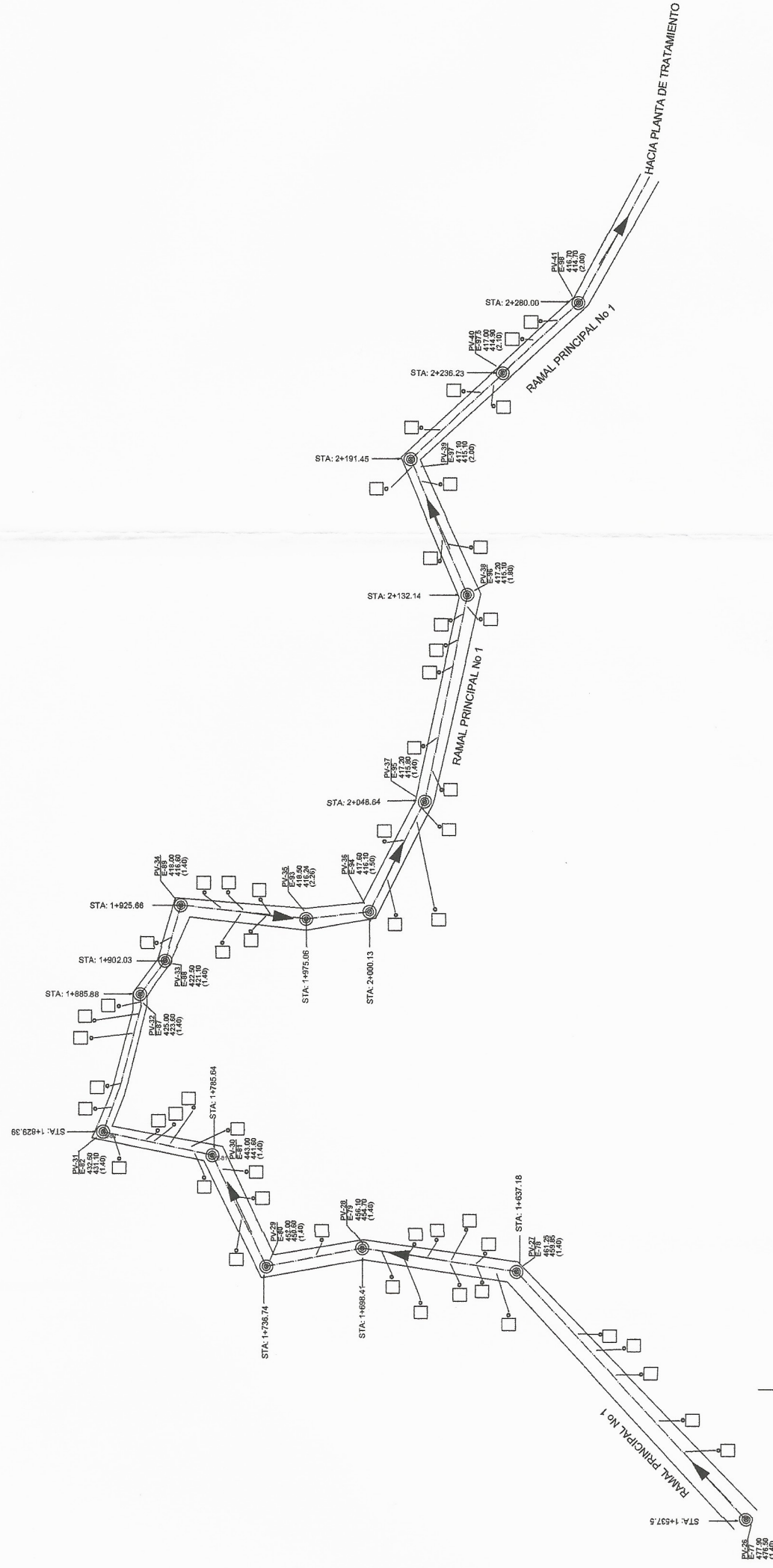
PERFIL RAMAL PRINCIPAL DE PV-14 A PV-26

ESCALA VERTICAL 1/500
ESCALA HORIZONTAL 1/1000



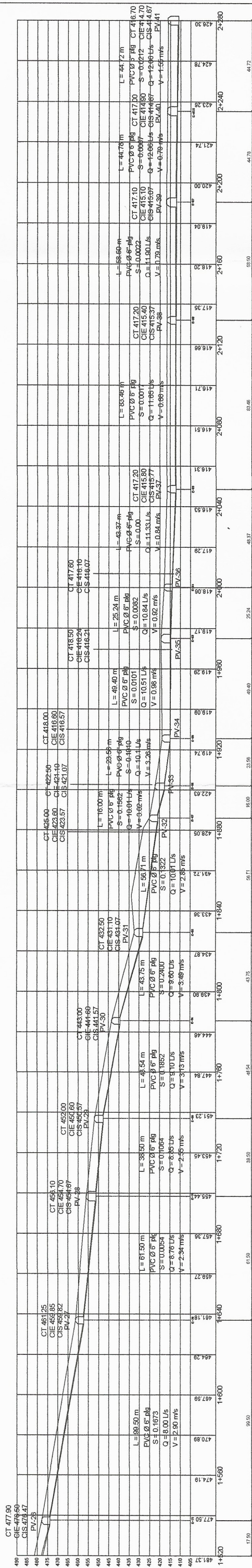
NOTA: LAS VIVIENDAS DEBEN DE CONECTARSE AL COLECTOR CON UN ANGULO DE 45°GRADOS

NOMENCLATURA	
E- #	INDICA LAS ESTACIONES
PVC 6"	TUBERIA DE PVC DE 6 PLG
PV-1	INDICA POZO DE VISITA
S	PENDIENTE
→	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE
□	VIVIENDAS



PLANTA RAMAL PRINCIPAL 1+520 A 2+280

ESCALA HORIZONTAL 1/500



Perfil Ramal Principal DE PV-26 A PV-41

ESCALA VERTICAL 1/500
ESCALA HORIZONTAL 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL PILAR II
SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE:
Ramal principal de 1+520 a 2+280
Ing. Mayra Rebecca García Soria de Sierra
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Planeación de Ingeniería y EPS

TIPO
A
HOJA
4/5

ORDENO: RIVAS
DISEÑO: RIVAS
Escala: RIVAS
INDICADA
FECHA: MARZO 2017

ING. MAYRA REBECCA GARCIA DE SIERRA



Apéndice 3. **Planos constructivos del edificio escolar caserío Santa Fe**
Ocaña

Fuente: elaboración propia.

COLINDANCIA

NUEVO EDIFICIO ESCOLAR

ESCUELA EXISTENTE

PATIO

PATIO

INGRESO

ESCUELA EXISTENTE

CAMPO DE FOOTBALL

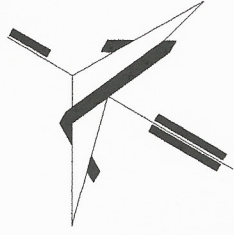
COLINDANCIA

+6.03

+3.00

-0.10

+3.00



DISEÑO: IRIBID MOSCOZO RIVAS
DIBUJO: IRIBID MOSCOZO RIVAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: FEBRERO 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

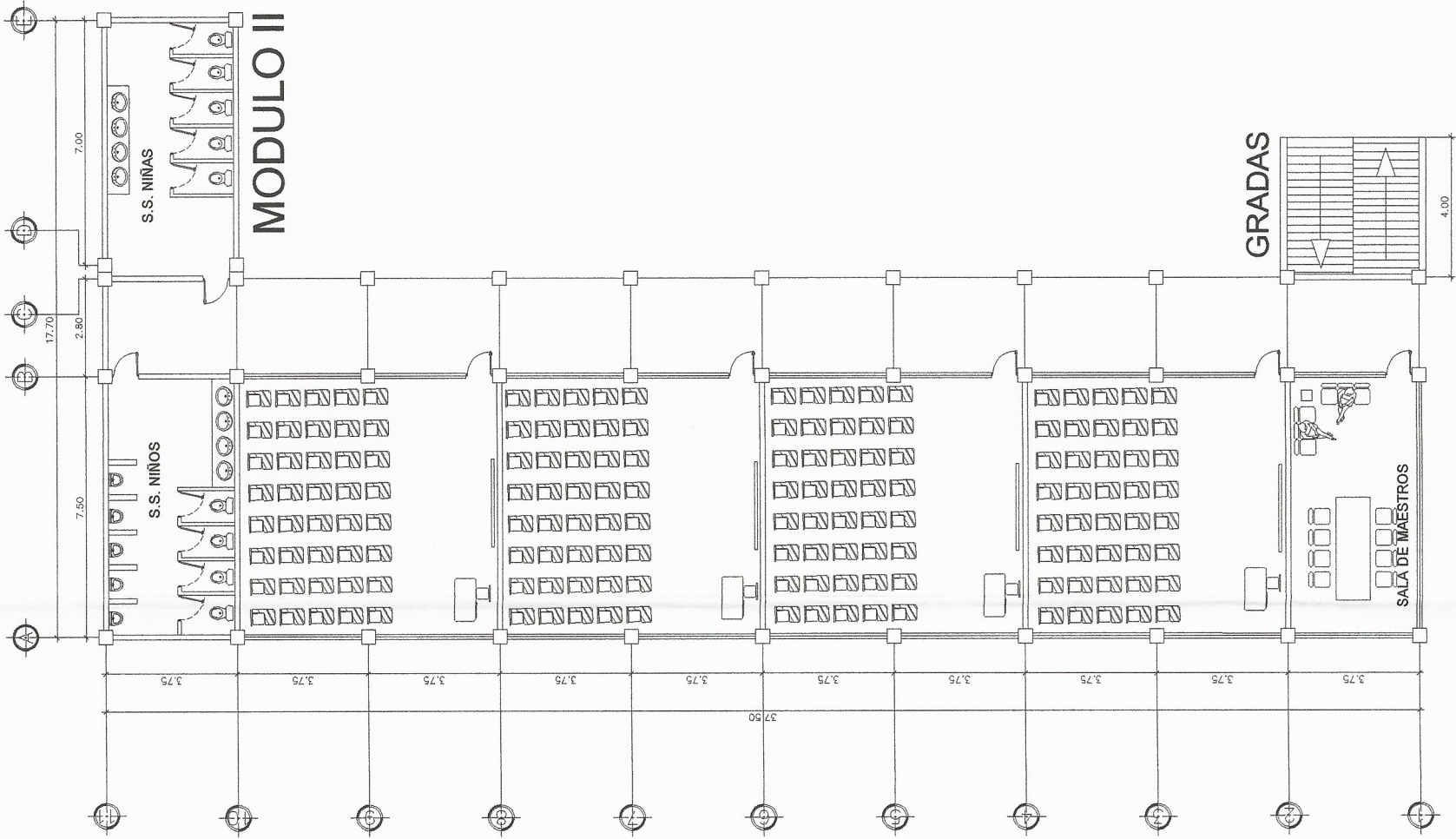
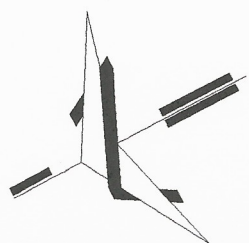
PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: PLANTA DE CONJUNTO
TIPO: A
HOJA: 1 / 17

Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
ASISTENTE SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
FACULTAD DE INGENIERIA
INGA. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA

PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA 1:350



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:125



PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:125

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: PLANTA AMUEBLADA

TIPO: A

HOJA: 2

17

Ing. Mayra Rabea Cordero Sierra
ASESORA - SUPLENTE DE EPS
Unidad de Ingeniería de la Construcción
ING. MAYRA RABEA CORDERO SIERRA
Facultad de Ingeniería

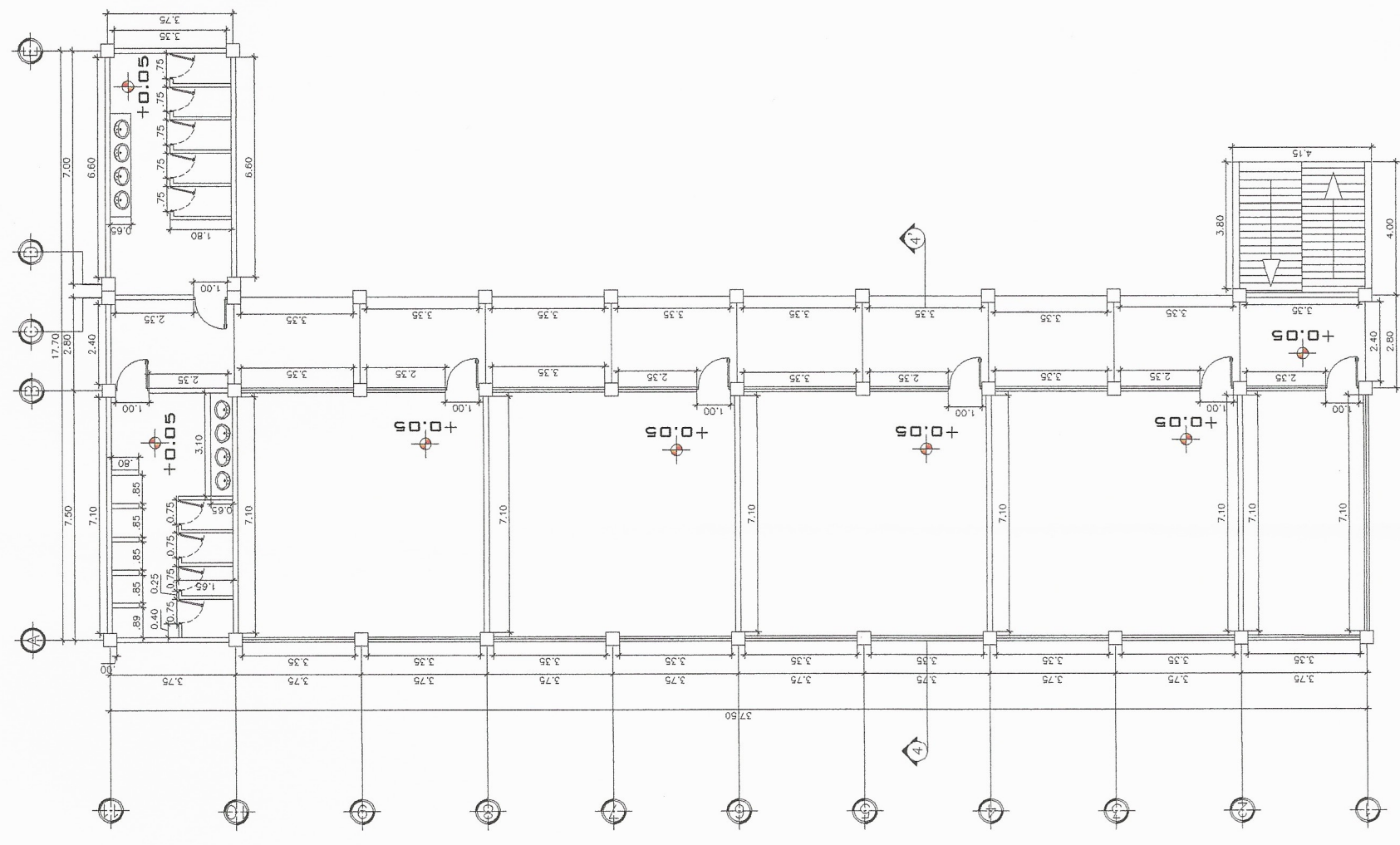
DISEÑO: IRIBIO MOSCOSO RIVAS

DIBUJO: IRIBIO MOSCOSO RIVAS

ESCALA: INDICADA

FECHA: FEBRERO 2017

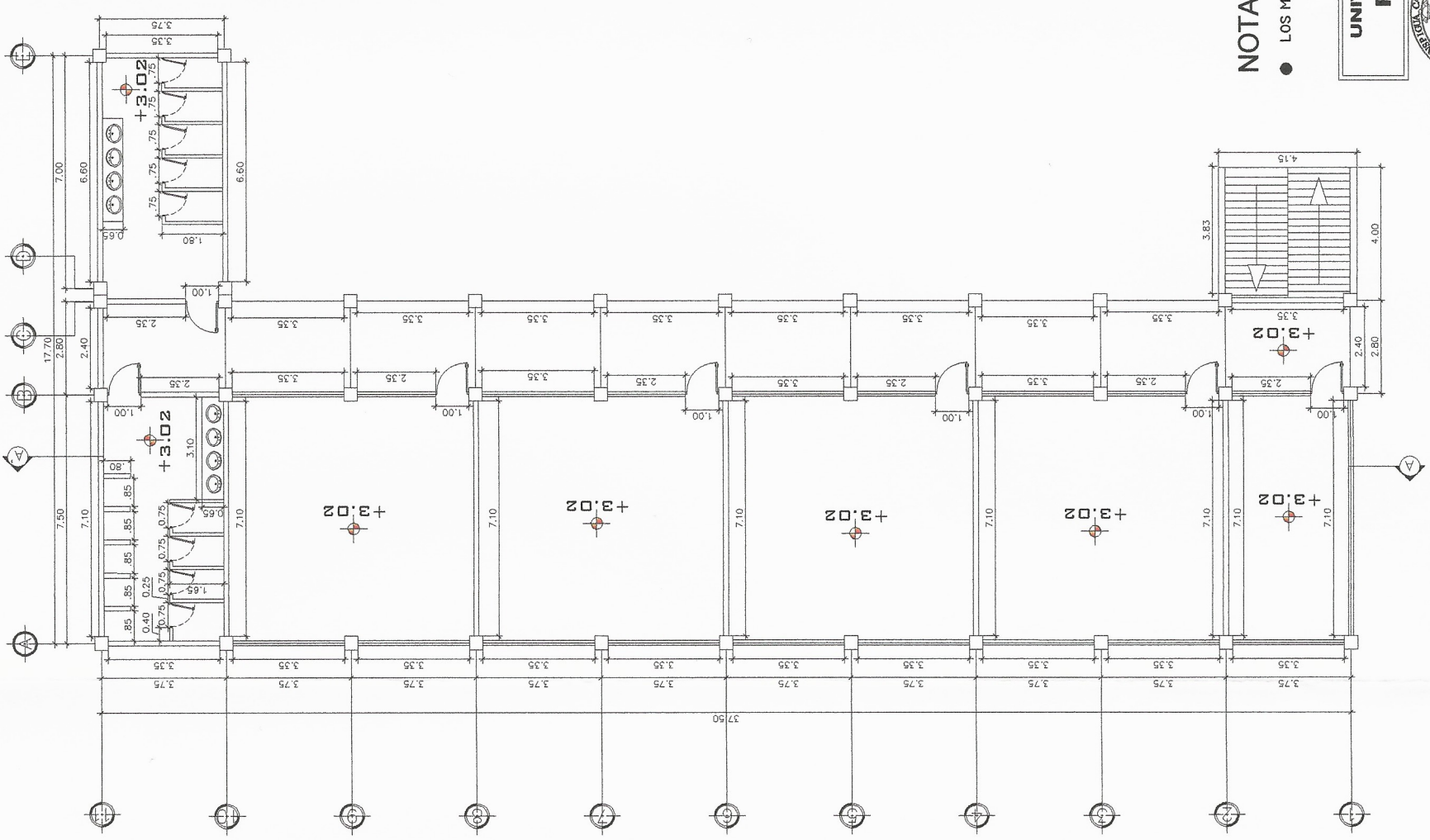
MODULO I



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:125

MODULO I



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:125

NOTA:

- LOS MODULOS SE ENCUENTRAN SEPARADOS POR JUNTAS DE DILATACION DE 1° PLG

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: PLANTA ACOTADA

TIPO: A

HOJA: 3

17

ING. Mayra Rebeca García Sierra

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

ING. Mayra Rebeca García Sierra

INGENIERA DE SIERRA

DISEÑO: IREID MOSCOZO
RIVAS

DIBUJO: IREID MOSCOZO
RIVAS

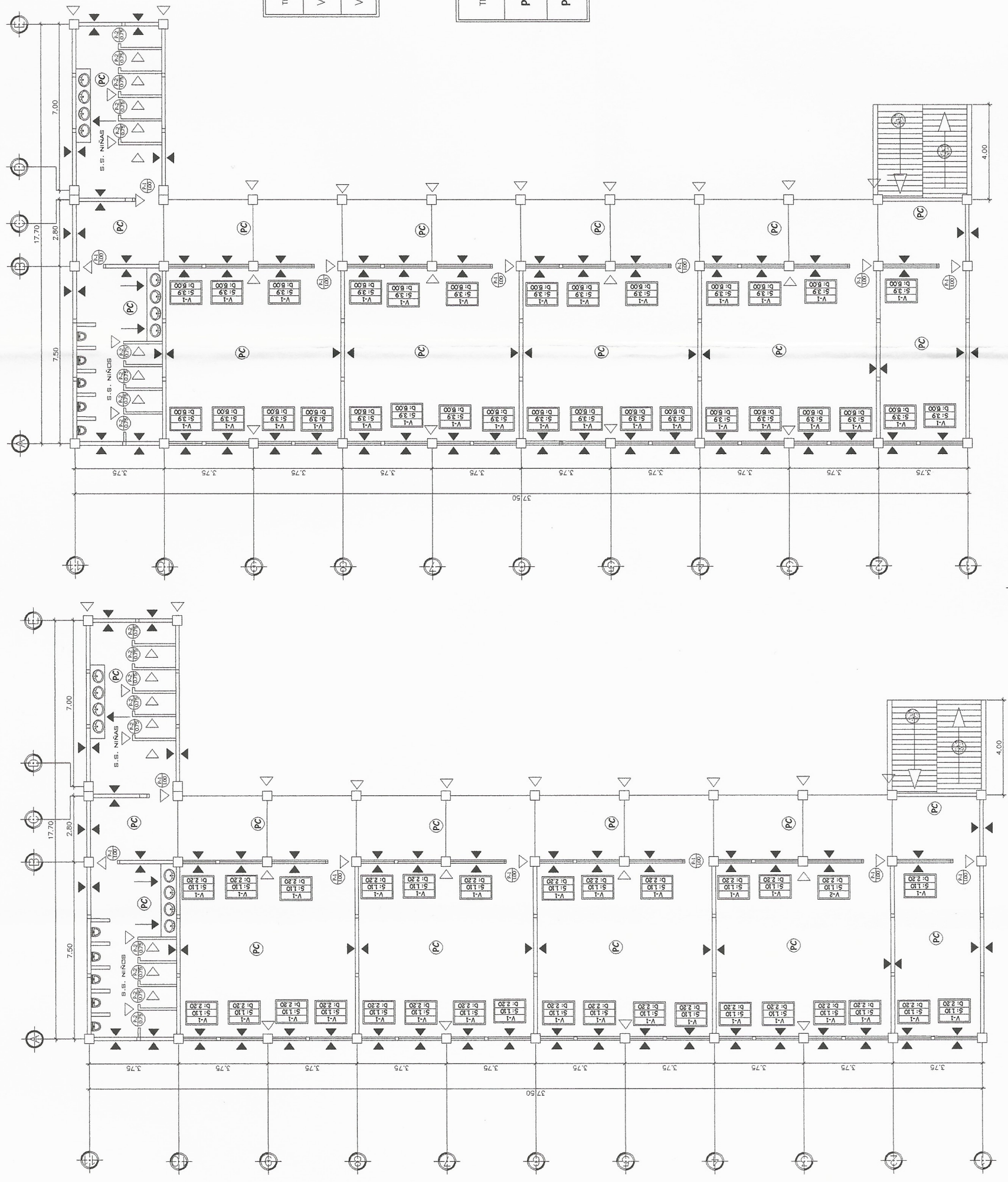
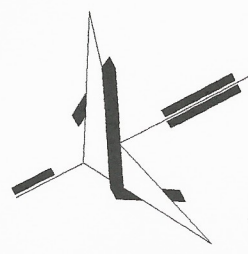
ESCALA: INDICADA

FECHA: FEBRERO 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ACADEMIA DE INGENIERIA

RECTOR: DR. JUAN CARLOS GARCIA SIERRA



PLANILLA DE VENTANAS

TIPO	ANCHO	ALTO	SILLAR	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
V-1	1.6	1.10	1.20	2.80	52	VIDRIO DE 4mm PINTURA ANTICORROSIVA COLOR BLANCO	DE BALCON
V-2	2.20	1.10	1.20	2.80	10	VIDRIO DE 4mm PINTURA ANTICORROSIVA COLOR BLANCO	DE BALCON

PLANILLA DE PUERTAS

TIPO	ANCHO	ALTO	ALTURA DINTEL	UNIDADES	MATERIAL	TIPO DE ABATIMIENTO
P-1	1.00	2.20	----	14	LAMINATA NEGROCA, 364+ 2 MANOS DE PINTURA COLOR BLANCO	ABATIMIENTO 180 GRADOS
P-2	0.75	2.00	----	18	LAMINATA NEGROCA, 364+ 2 MANOS DE PINTURA COLOR BLANCO	ABATIMIENTO 90 GRADOS

SIMBOLOGIA DE ACABADOS	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
V-1	INDICA TIPO DE VENTANA
S-110	INDICA ALTURA DEL SILLAR
D-220	INDICA ALTURA DEL DINTEL
PC	INDICA REPELLO GRIS + CERNIDO VERTICAL + PINTURA
PC	INDICA BLOCK VISTO, SISADO COLUMNAS Y SOLERAS TALLADAS + PINTURA
PC	INDICA TIPO DE PUERTA Y BANO DE LA PUERTA
PC	INDICA GRADA DE CONCRETO CERNIDA
PC	PISO CERAMICO
PC	AZULEJO TIPO NACIONAL h = 1.20m.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: PLANTA DE ACABADOS

TIPO: A

HOJA: 4

17

INGA. Diana Echeverri García Sierra
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Ingeniería y EPS

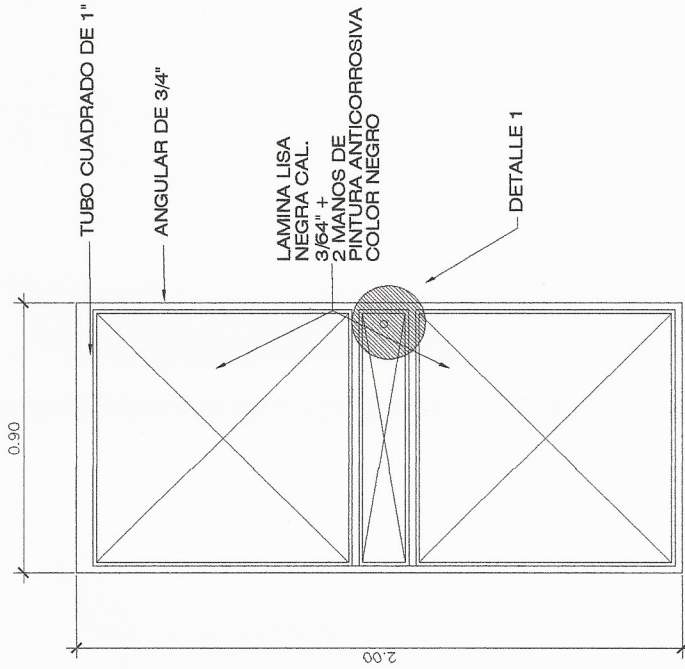
INGA. MARY THERESA GARCIA DE SIERRA

PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:125

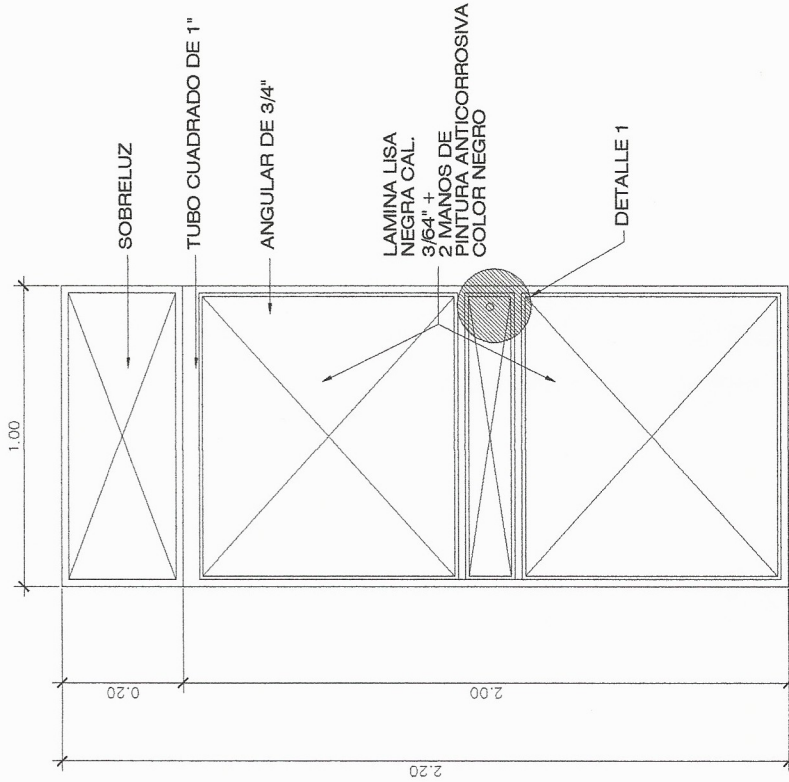
PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

ESCALA 1:125



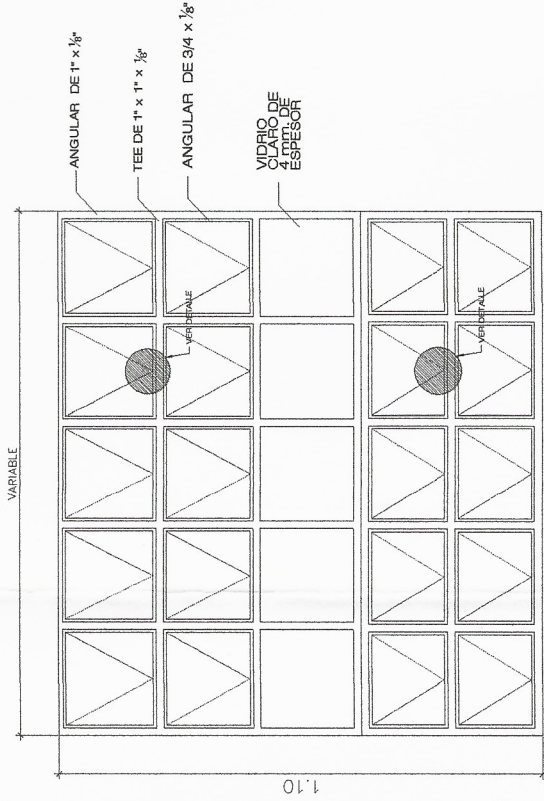
ELEVACIÓN
PUERTA TIPO-2

ESCALA 1:25



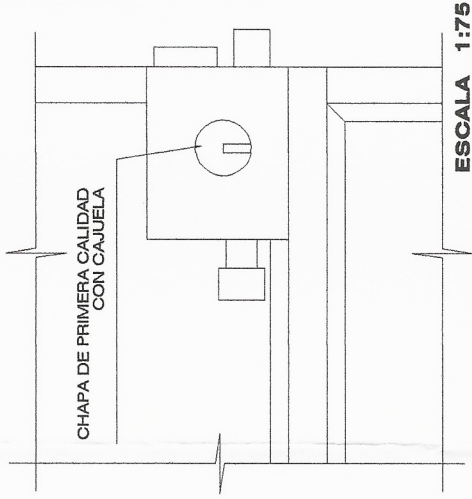
ELEVACIÓN
PUERTA TIPO-1

ESCALA 1:25

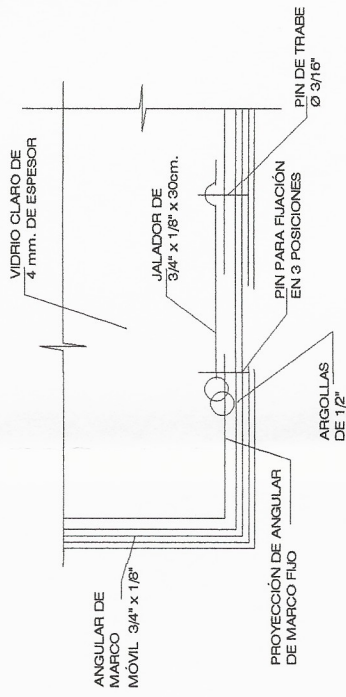


ELEVACIÓN
VENTANERIA V1 - V2

ESCALA 1:25



DETALLE 1



DETALLE DE JALADOR
ESCALA 1:75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ.

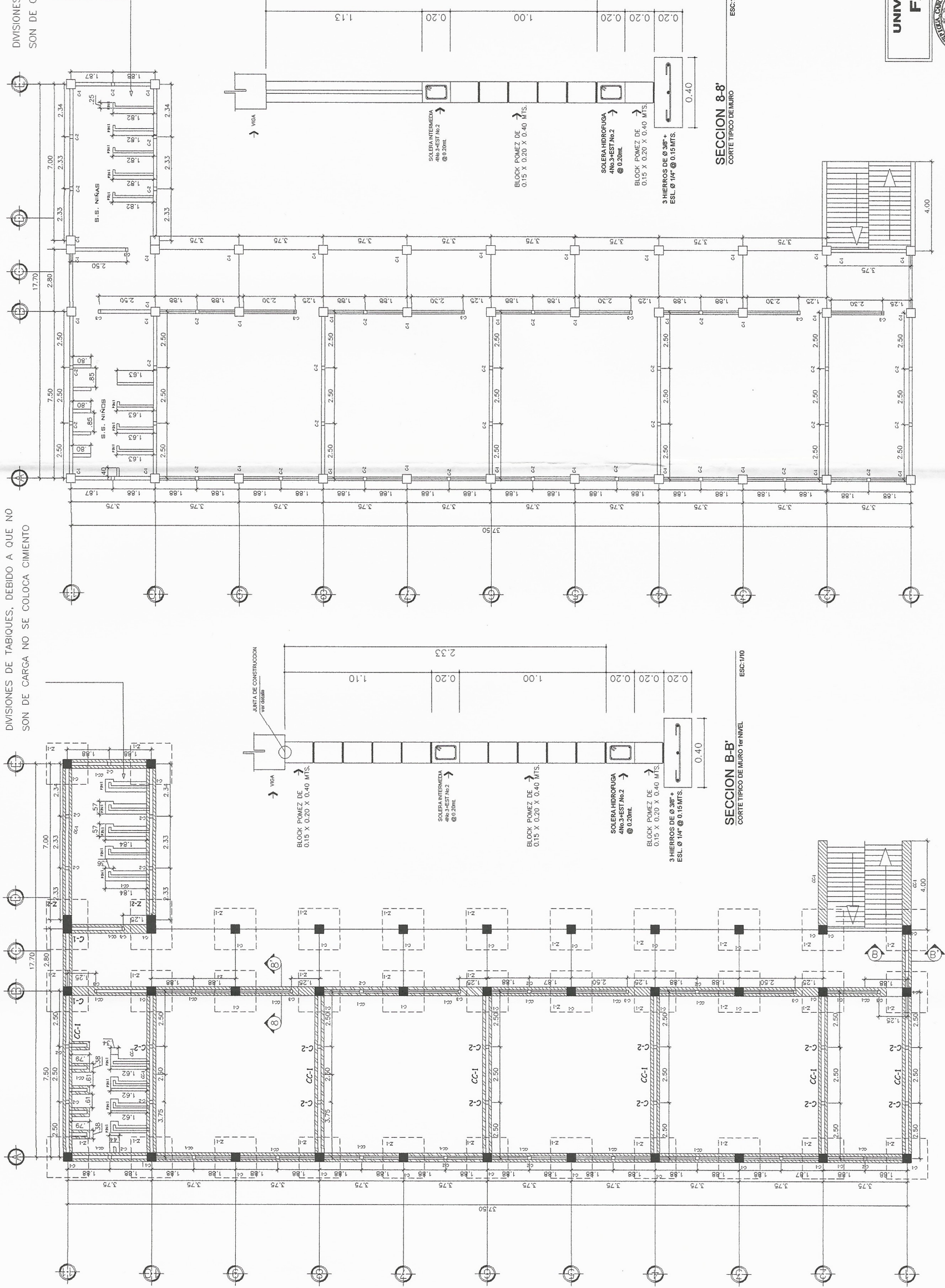
CONTIENE	TIPO	HOJA
DETALLES	A	5
DE		17

Ing. Mayra Rebecca García Soría de Sierra
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

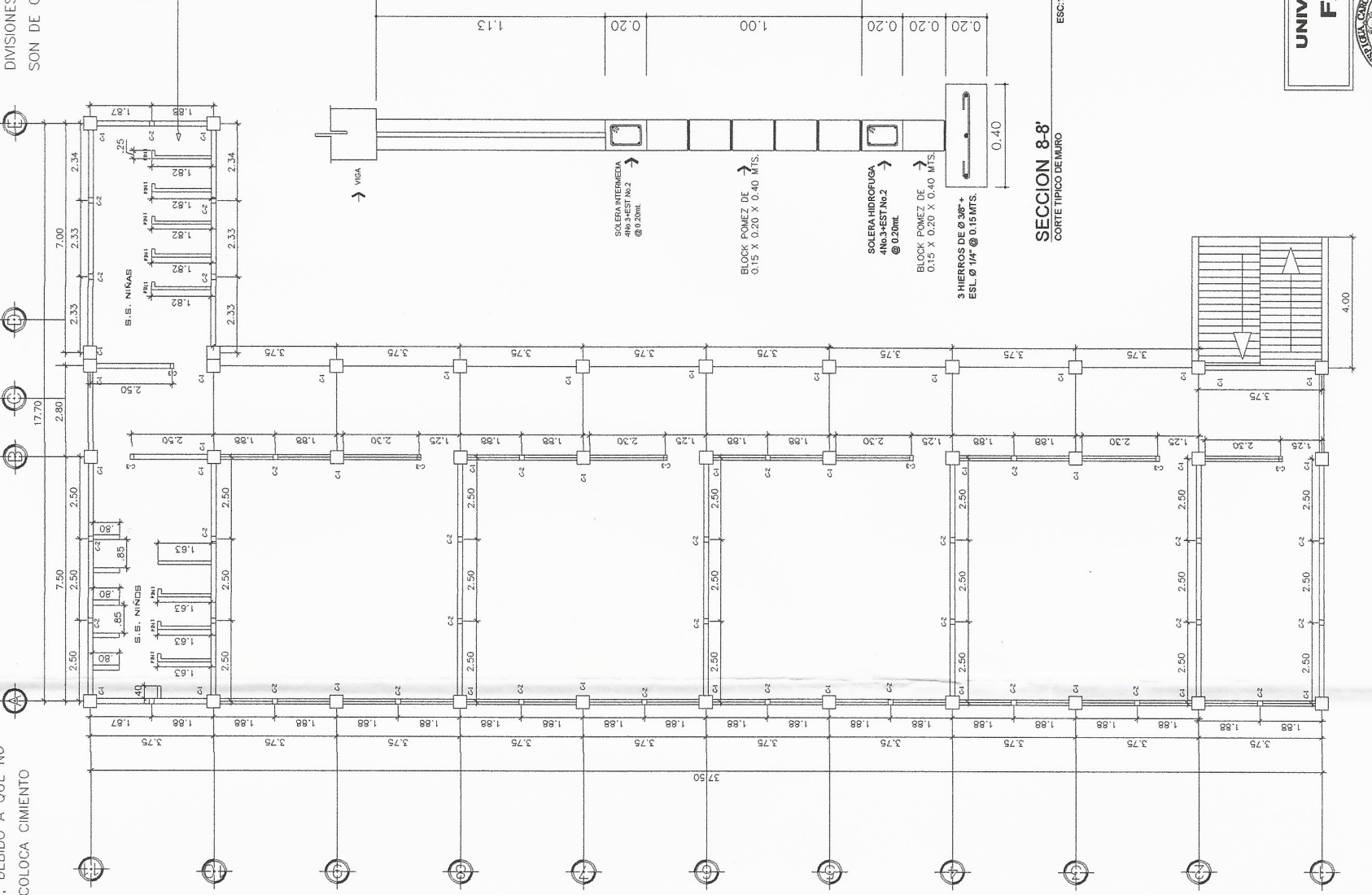
FECHA: FEBRERO 2017

ING. MAYRA REBECCA GARCÍA DE SIERRA

DIVISIONES DE TABIQUES, DEBIDO A QUE NO SON DE CARGA NO SE COLOCA CIMIENTO



DIVISIONES DE TABIQUES, DEBIDO A QUE NO SON DE CARGA NO SE COLOCA CIMIENTO



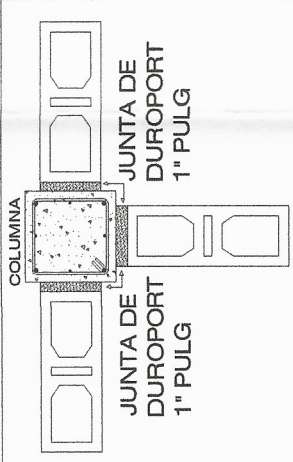
CONCRETO F'_c = CONCRETO 4000 lbs/plg ² A LOS 28 DIAS AGREGADO ϕ 3/4"
ACERO DE REFUERZO F_y = 40,000 Lbs/Plg. ²
MAESTRERIA F'_m = 35 kg/Cm. ²
SOPORTE DE SUELO ASUMIDO 33 T/m ²
CODIGOS DE REFERENCIA ACI-318-08 AGCS NSE 2010
EMPALMES DE VARILLAS Y LONGITUDES DE ANCLAJE VARILLA LONGITUD A LONGITUD B No 3 0.40 m 0.12 m No 4 0.50 m 0.16 m No 5 0.60 m 0.20 m No 6 0.70 m 0.25 m No 8 0.80 m 0.30 m
RECUBRIMIENTOS CIMENTOS 7 cm. ZAPATAS 7.5 cm. COLUMNAS 5 cm. VIGAS 4 cm.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

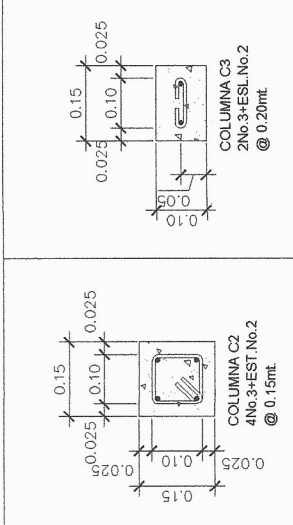
PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.	
CONTIENE	TIPO
PLANTA DE CIMENTACION	A
HOJA	6
ING. MAYRA REBECA GARCIA DE SIERRA	
FECHA: FEBRERO 2017	
ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: IRIBID MOSCOSO RIVAS	
DIBUJO: IRIBID MOSCOSO RIVAS	
VERIFICACION: IRIBID MOSCOSO RIVAS	
AUTORIZACION: IRIBID MOSCOSO RIVAS	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	

PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS

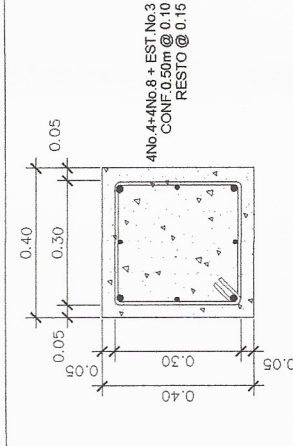
ESCALA 1:125



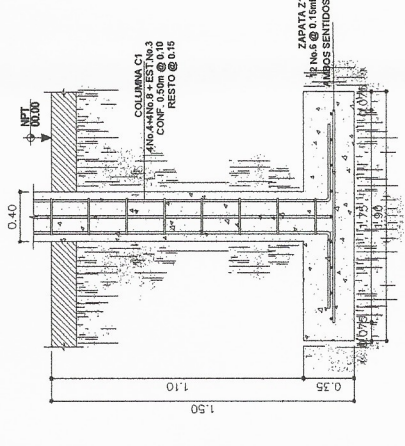
DETALLE DE JUNTA
DETALLE SECCION
ESC:1/10



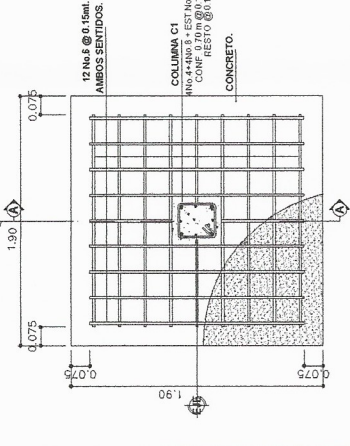
COLUMNA C2
DETALLE PLANTA
ESC:1/10



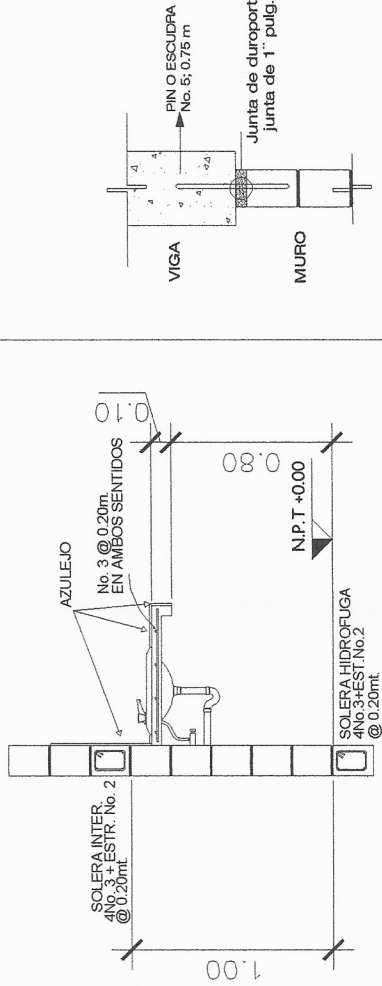
COLUMNA C-1
DETALLE SECCION
ESC:1/10



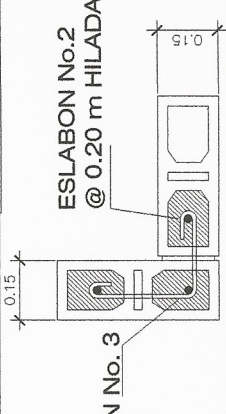
ZAPATA Z1
SECCION A-A ELEVACION
ESC:1/10



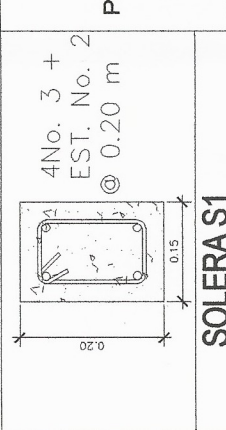
ZAPATA Z1
DETALLE PLANTA
ESC:1/10



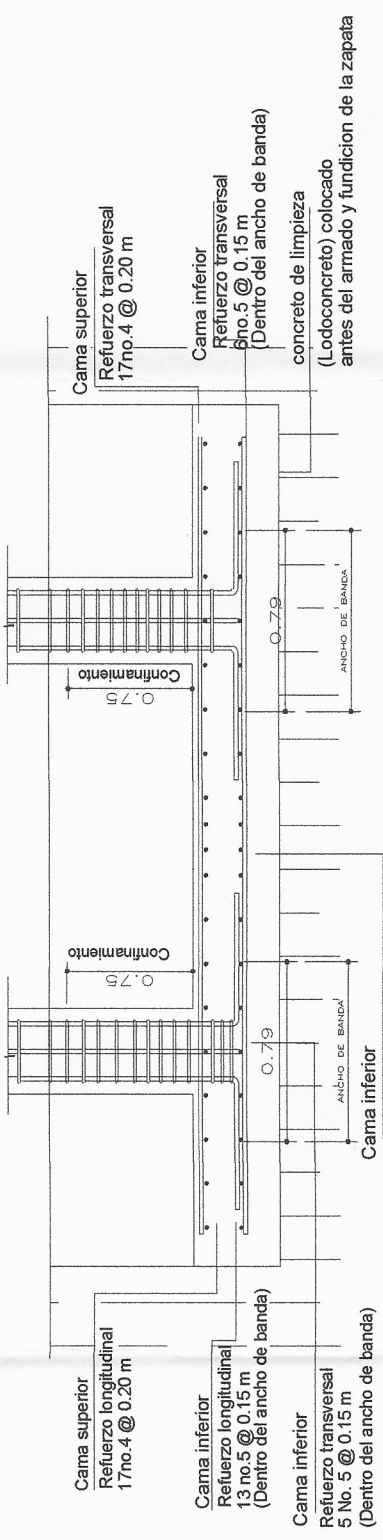
DET. SOPORTE DE LAVAMANOS
ESC:1/10



PIN 1
DETALLE SECCION
ESC:1/10



SOLERA S1
DETALLE PLANTA
ESC:1/10



DETALLE DE ZAPATA COMBINADA Z2
DETALLE SECCION
ESC:1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: **DETALLES ESTRUCTURALES**

INGA. MAYRA THERESA GARCIA DE SIERRA

FECHA: FEBRERO 2017

INDICADA

ESCALA: RIVAS

DIBUJO: RIVAS

DISENO: RIVAS

TIPO

HOJA

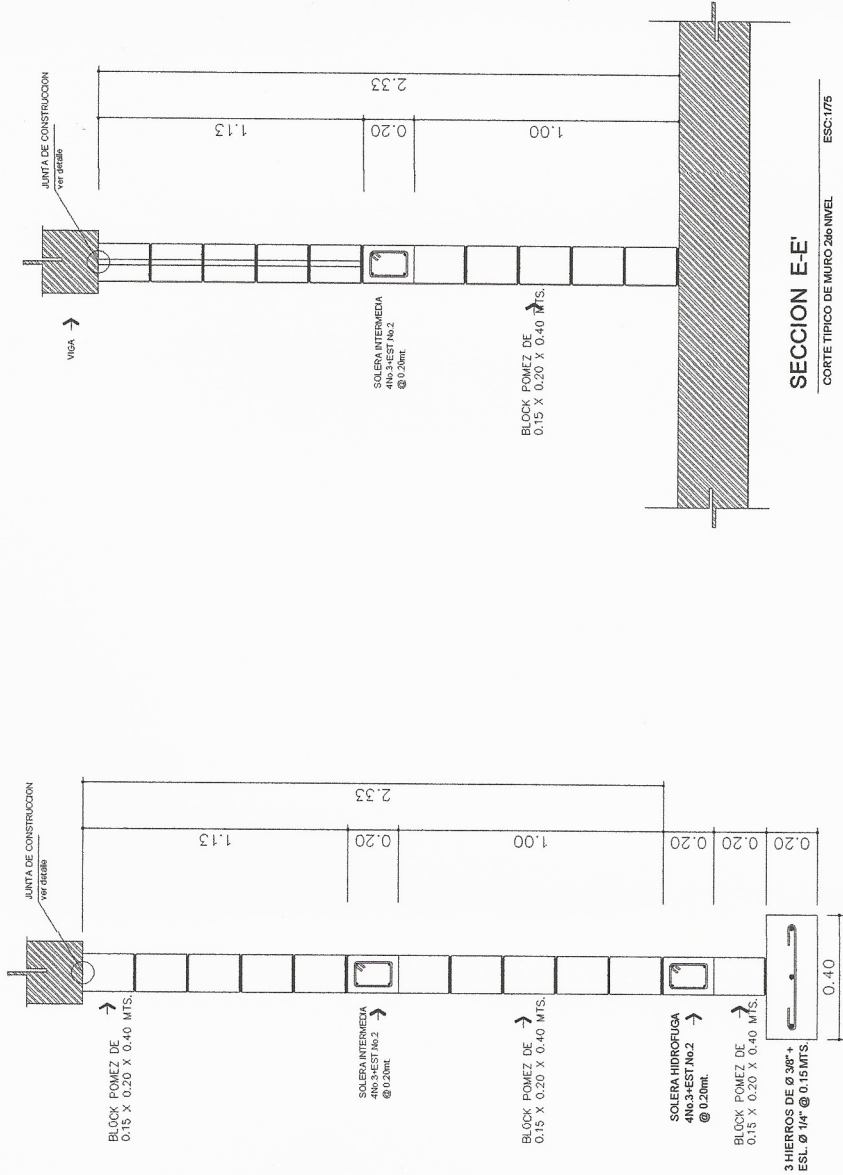
7

17

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS

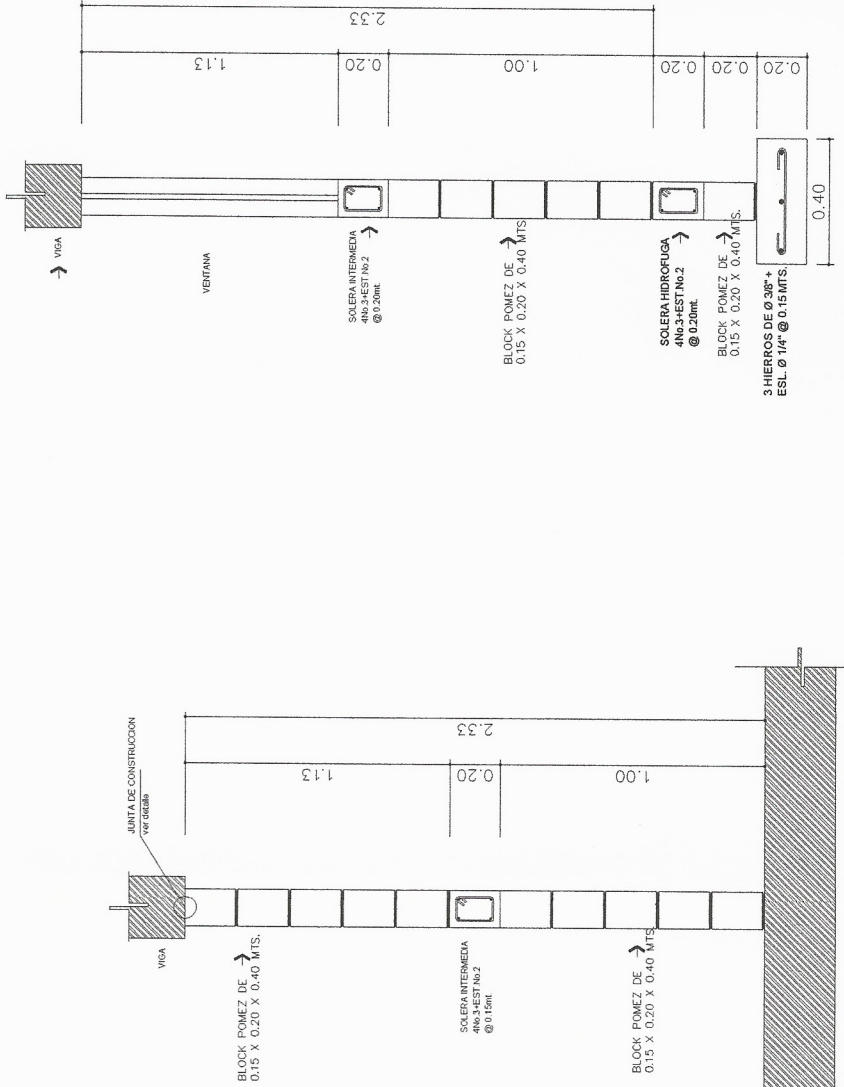
Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS

Ing. Mayra Teresa Garcia de Sierra



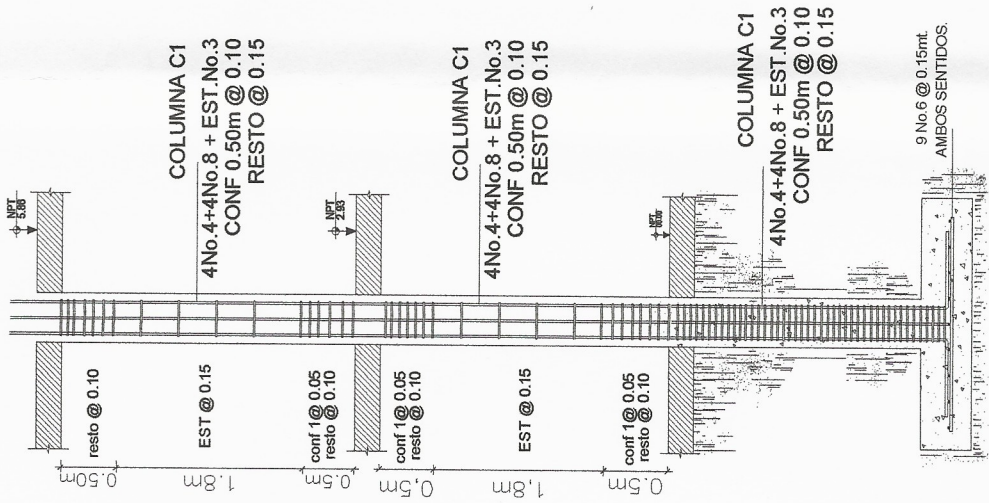
SECCION B-B'
CORTE TIPO DE MURO 1er NIVEL

ESC: 1/10



SECCION C-C'
CORTE TIPO DE MURO 1er NIVEL

ESC: 1/10



SECCION E-E'
CORTE TIPO DE MURO 2do NIVEL

ESC: 1/75

DETALLE DE COLUMNA
CORTE TIPO DE COLUMNA

ESC: 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ.



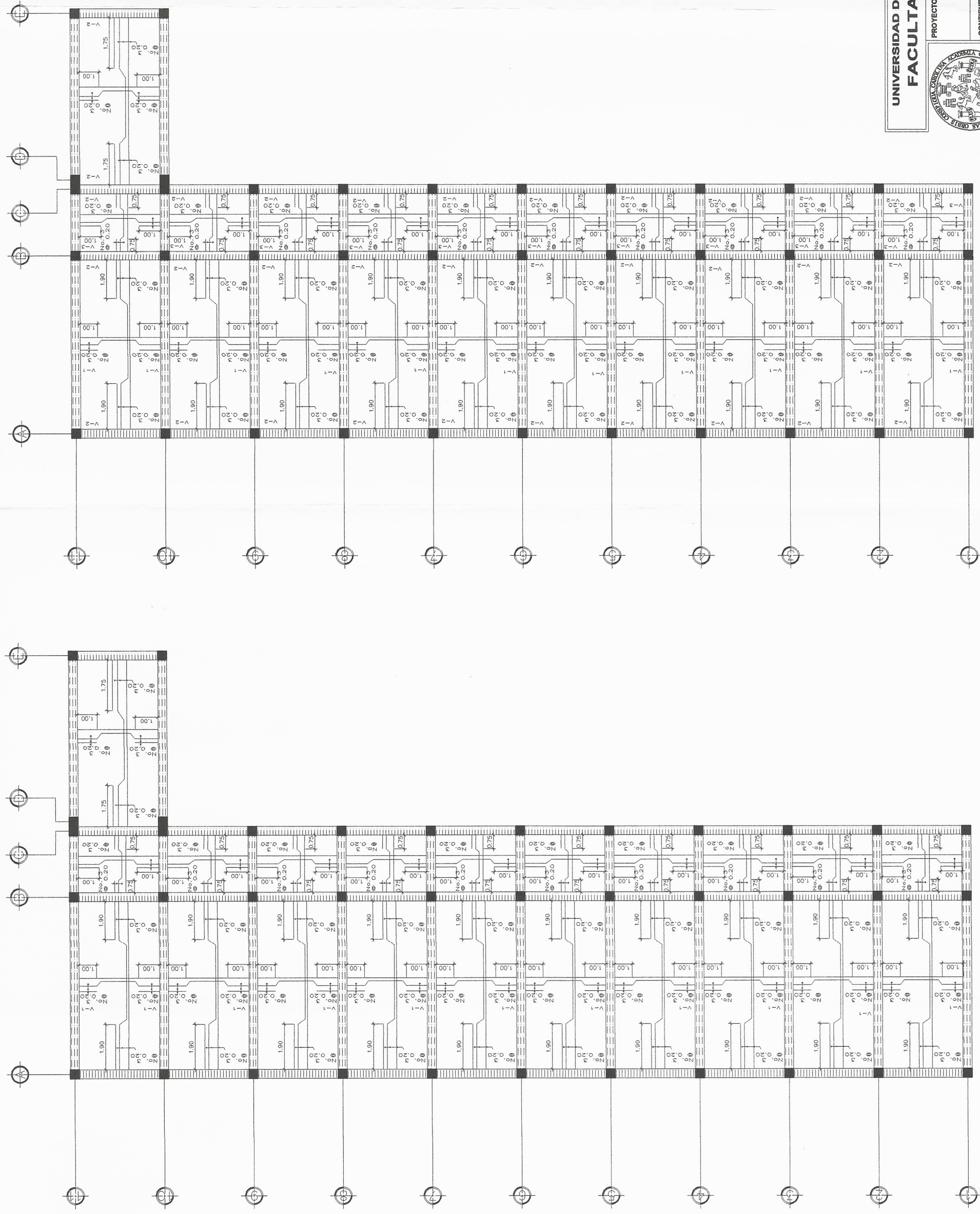
CONTIENE: CORTES DE MURO
TIPO A

HOJA 8 17

ING. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

DISEÑO: IRIBIO MOSCOSO RIVAS
DIBUJO: IRIBIO MOSCOSO RIVAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: FEBRERO 2017

ING. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA



ARMADO DE LOSA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:125

ARMADO DE LOSA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:125

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: **PLANTA DE LOSAS**

ING. Mayra Rebeca García Sierra de Sierra

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

ING. MAYRA REBECA GARCIA DE SIERRA

TIPO

HOJA

A

9

17

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ING. MAYRA REBECA GARCIA DE SIERRA

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS

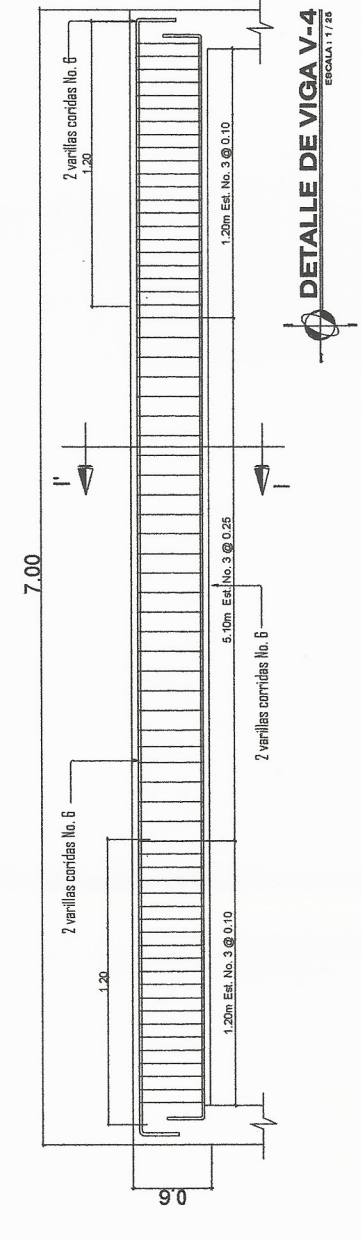
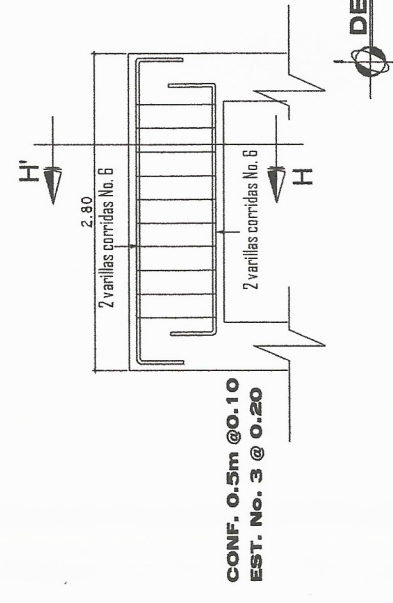
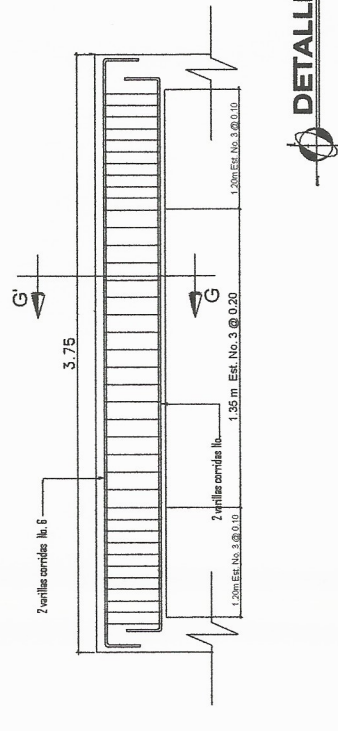
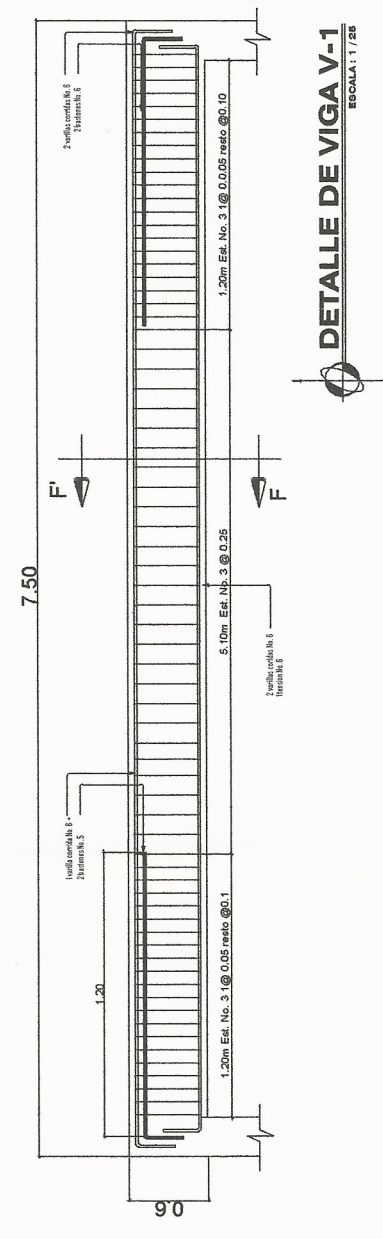
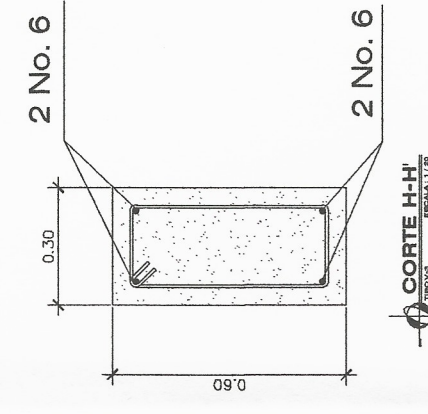
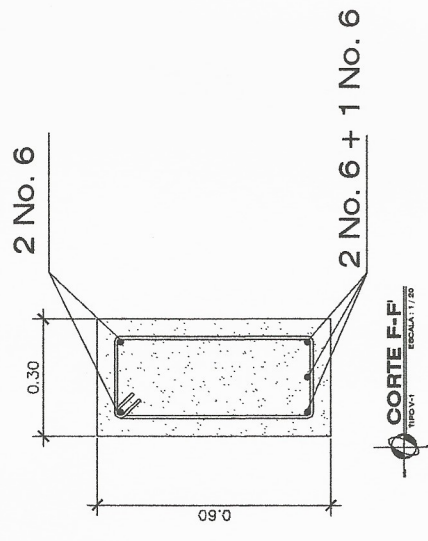
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

DISEÑO: REID MOSCOSO

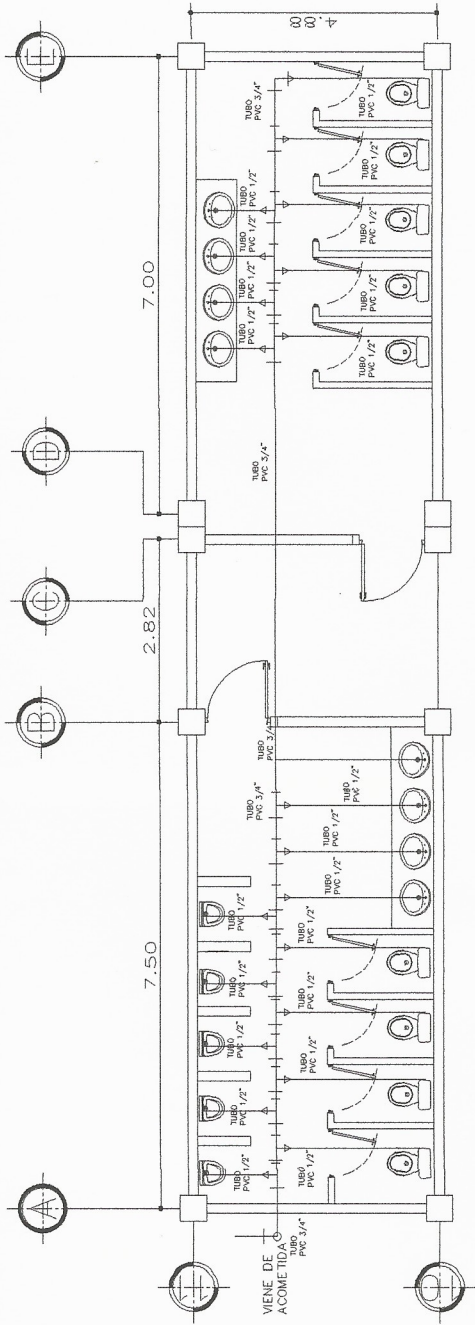
DIBUJO: REID MOSCOSO

ESCALA: INDICADA

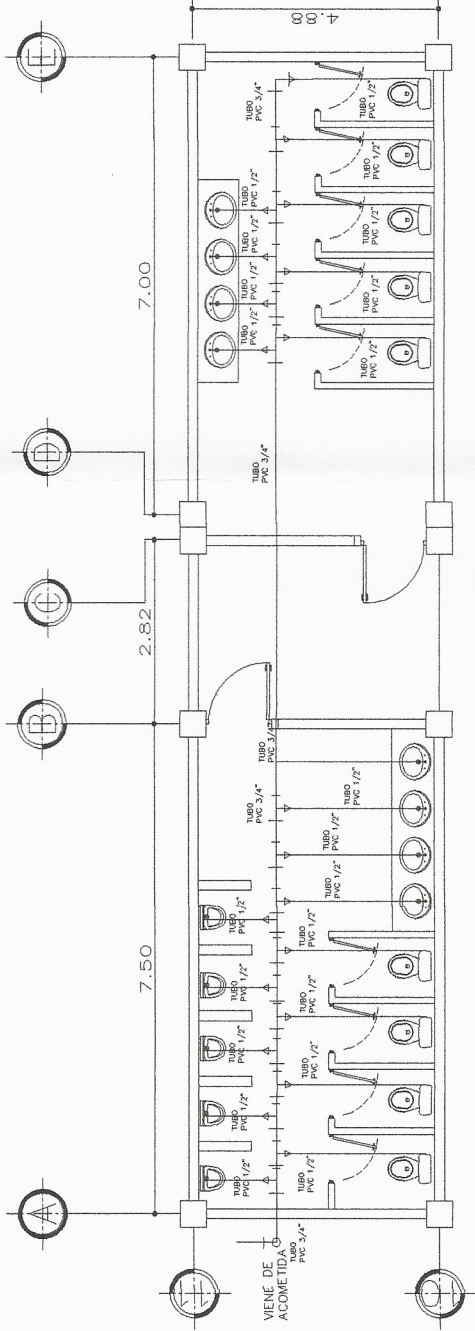
FECHA: FEBRERO 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.	
CONTIENE:	DETALLES DE VIGAS
TIPO:	A
HOJA:	10
ING. MAYRA REBECA GARCIA SANCHEZ DE SIERRA ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Planificación y Ejecución	
ING. MAYRA REBECA GARCIA DE SIERRA	



1er NIVEL

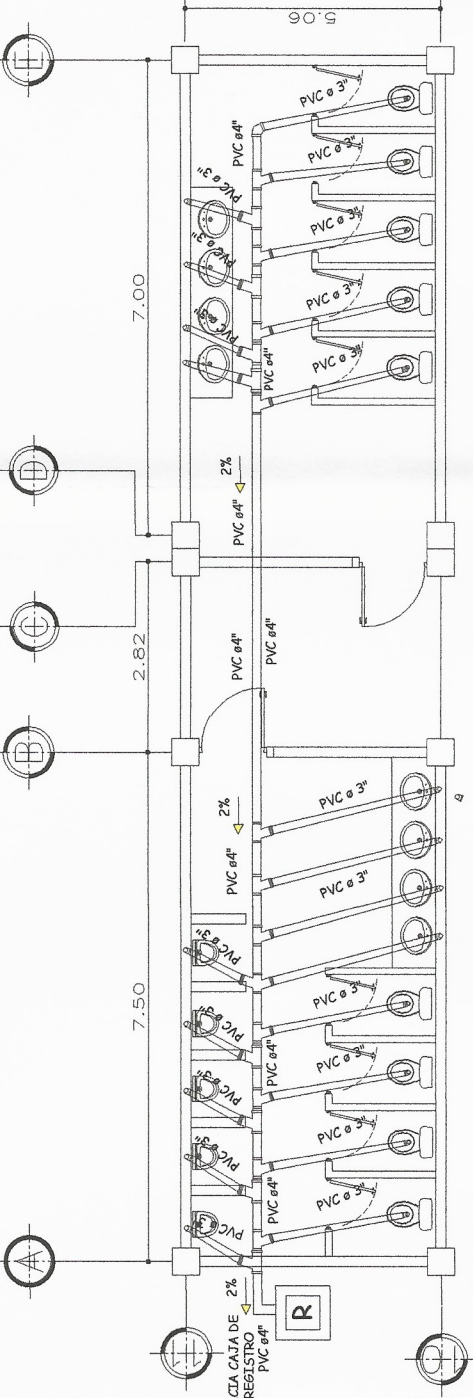
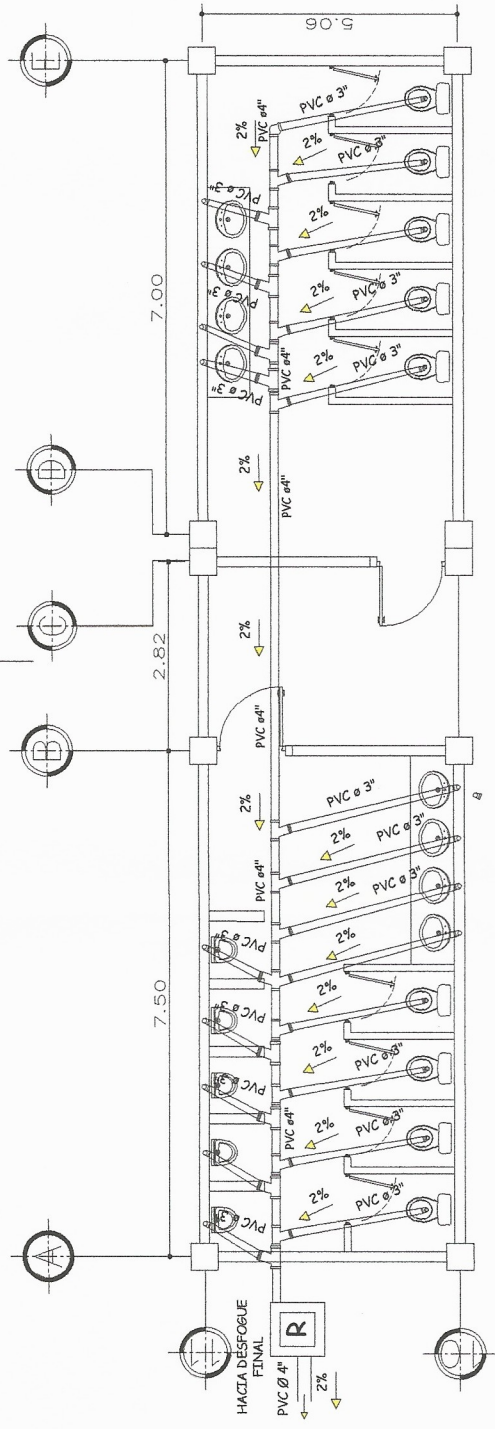


2do NIVEL

SIMBOLOGIA AGUA POTABLE	
	TUBO PVC Ø 3/4" y 1/2"
	CODO PVC HORIZONTAL A 90°
	CODO PVC VERTICAL A 90°
	T" PVC HORIZONTAL
	T" PVC VERTICAL
	REDUCTOR PVC Ø 3/4" A Ø 1/2"

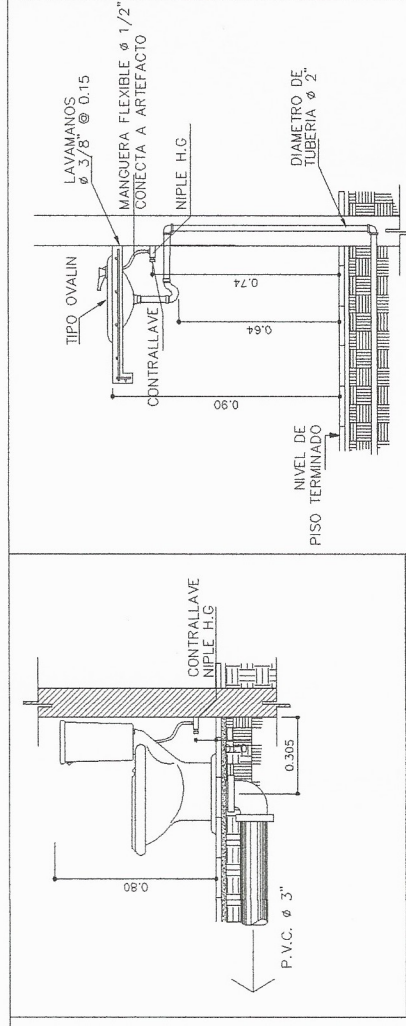
PLANTA DE INSTALACION DE AGUA POTABLE

ESCALA 1:125



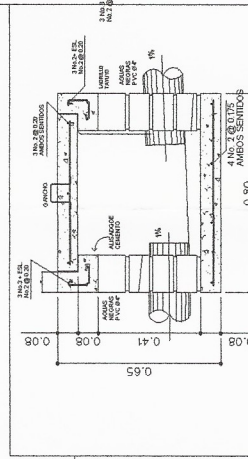
PLANTA DE INSTALACION DE DRENAJE

ESCALA 1:125

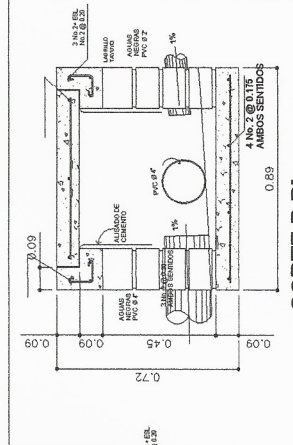


PERFIL
DETALLE DE INODORO
PARA PERSONAS CON
CAPACIDADES ESPECIALES
ESC: 1:20

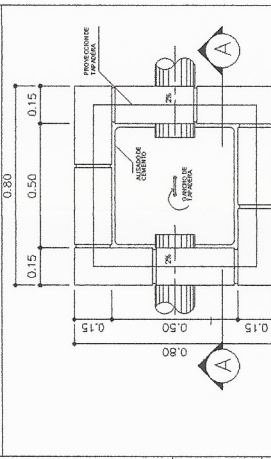
PERFIL
DETALLE DE LAVAMANOS
ESCALA: 1:20



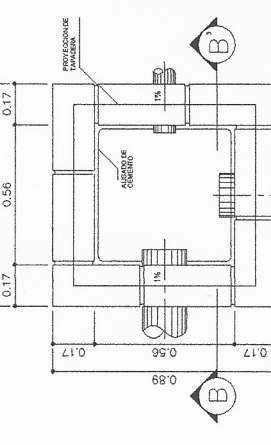
CORTE A-A'



CORTE B-B'



PLANTA CAJA DE
REGISTRO



PLANTA CAJA UNION

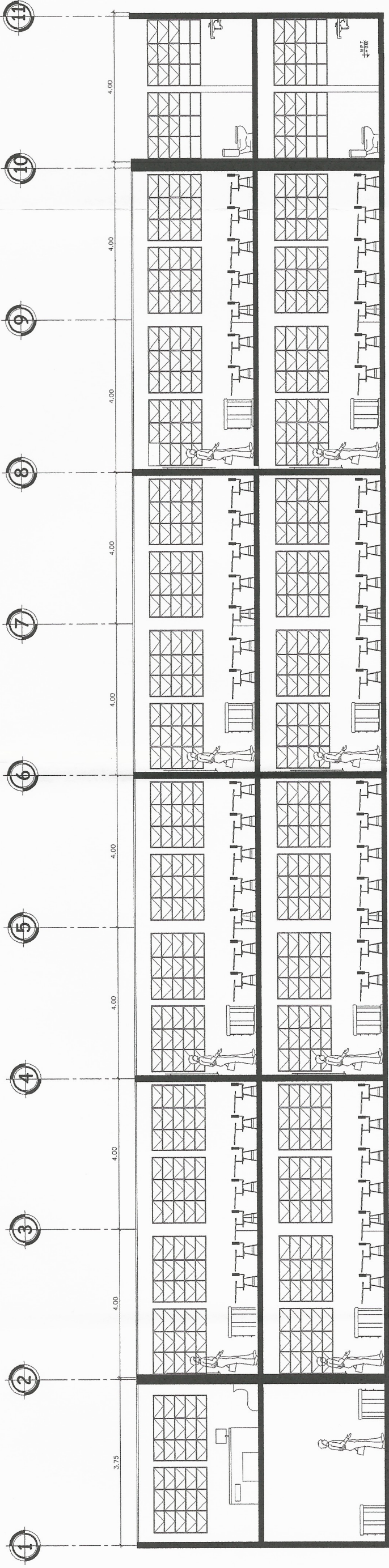
SIMBOLOGIA DRENAJES	
	TUBO PVC Ø 4" y 3"
	TEE PVC VERTICAL
	CODO PVC HORIZONTAL A 45°
	Y" PVC HORIZONTAL
	CODO PVC A 90° VERTICAL
	REDUCTOR PVC Ø 4" A Ø 3"
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA DE REGISTRO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ.

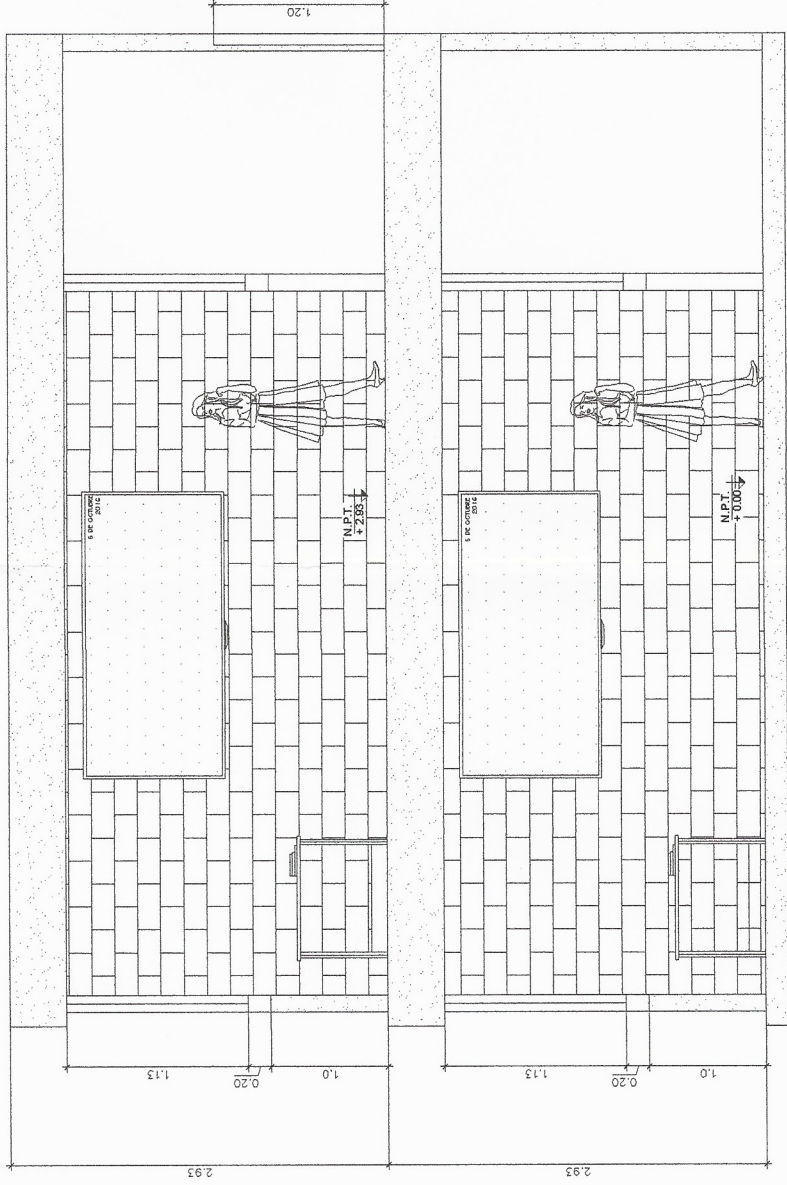
CONTIENE	
INSTALACIONES	HOJA
HIDRAULICAS	11
ASESORIA - SUPERVISORA DE EPS	17
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	

DIRECCION: IRIBID MOSCOSO RIVAS	INDICADA
DISEÑO: IRIBID MOSCOSO RIVAS	FECHA: FEBRERO 2017
ESCALA:	
ING. MAYRA REYES GARCIA DE SIERRA	



CORTE A-A'

ESCALA 1:125



SECCION 4-4'

ESCALA 1:150

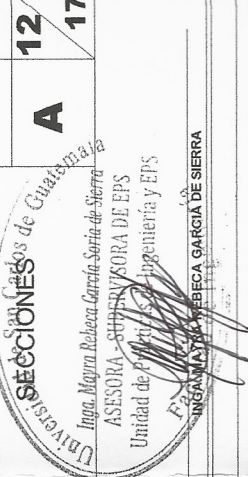
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

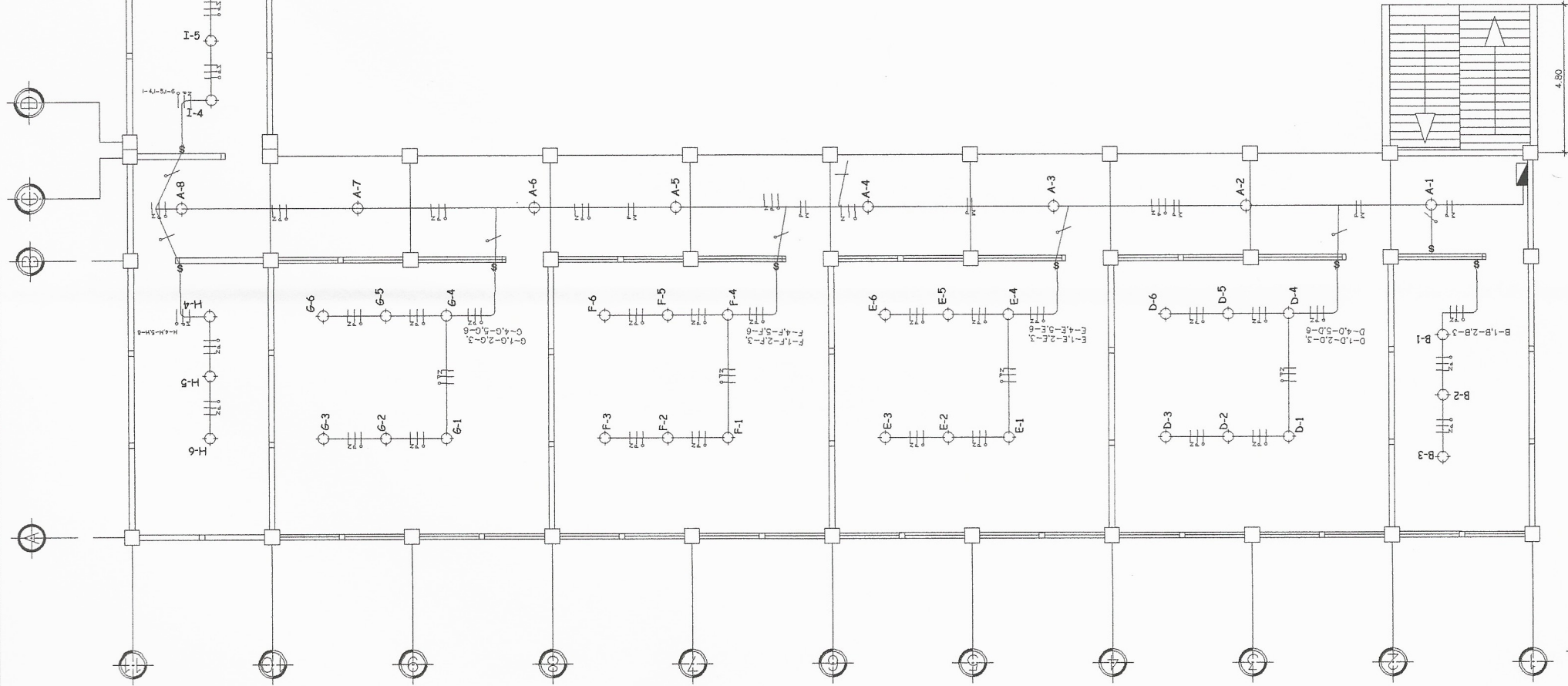
PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE:	TIPO	HOJA
A	12	17



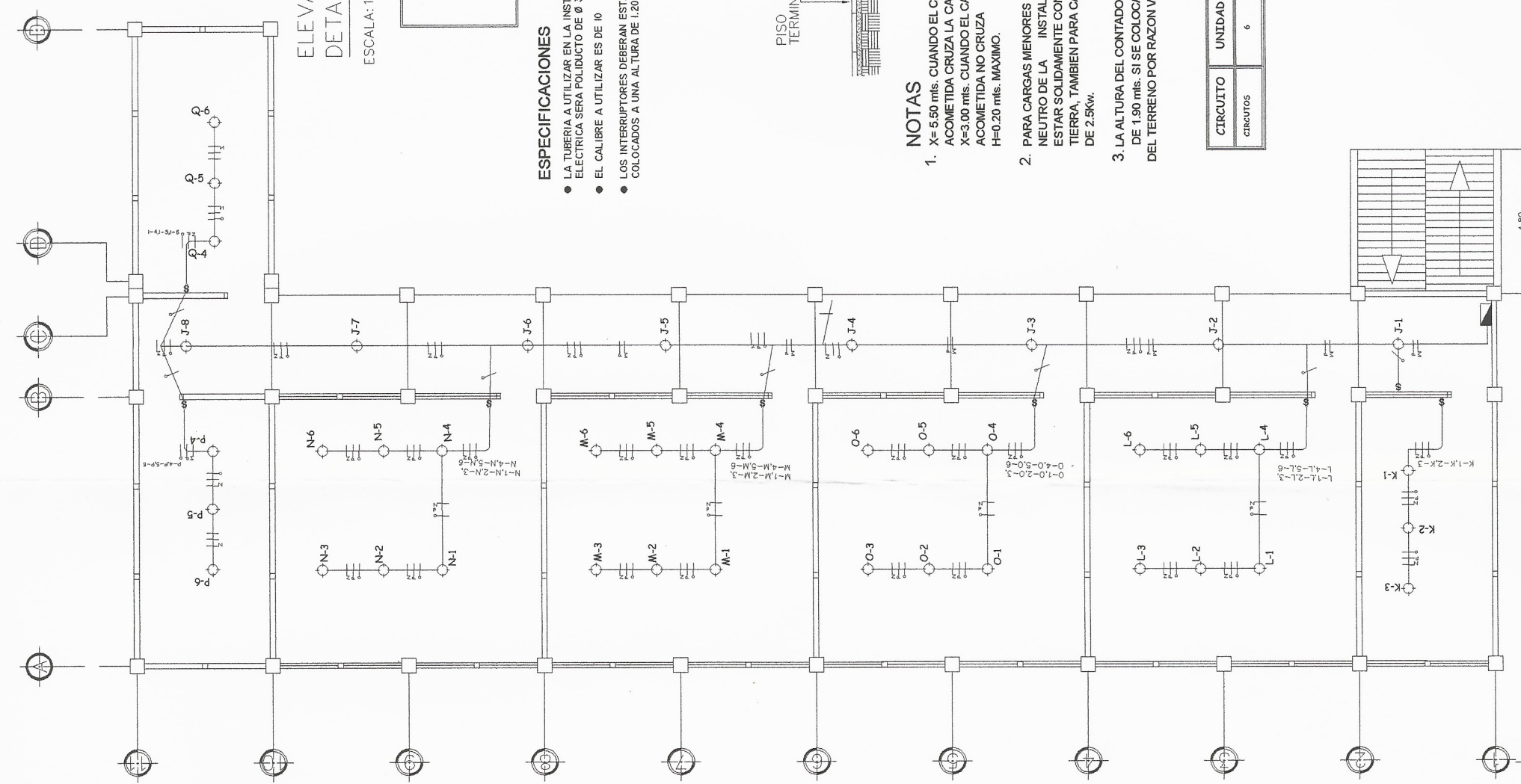
DISEÑO: IRIBID MOSCOSO RIVAS	DIBUJO: IRIBID MOSCOSO RIVAS	ESCALA: INDICADA	FECHA: FEBRERO 2017
---------------------------------	---------------------------------	------------------	---------------------





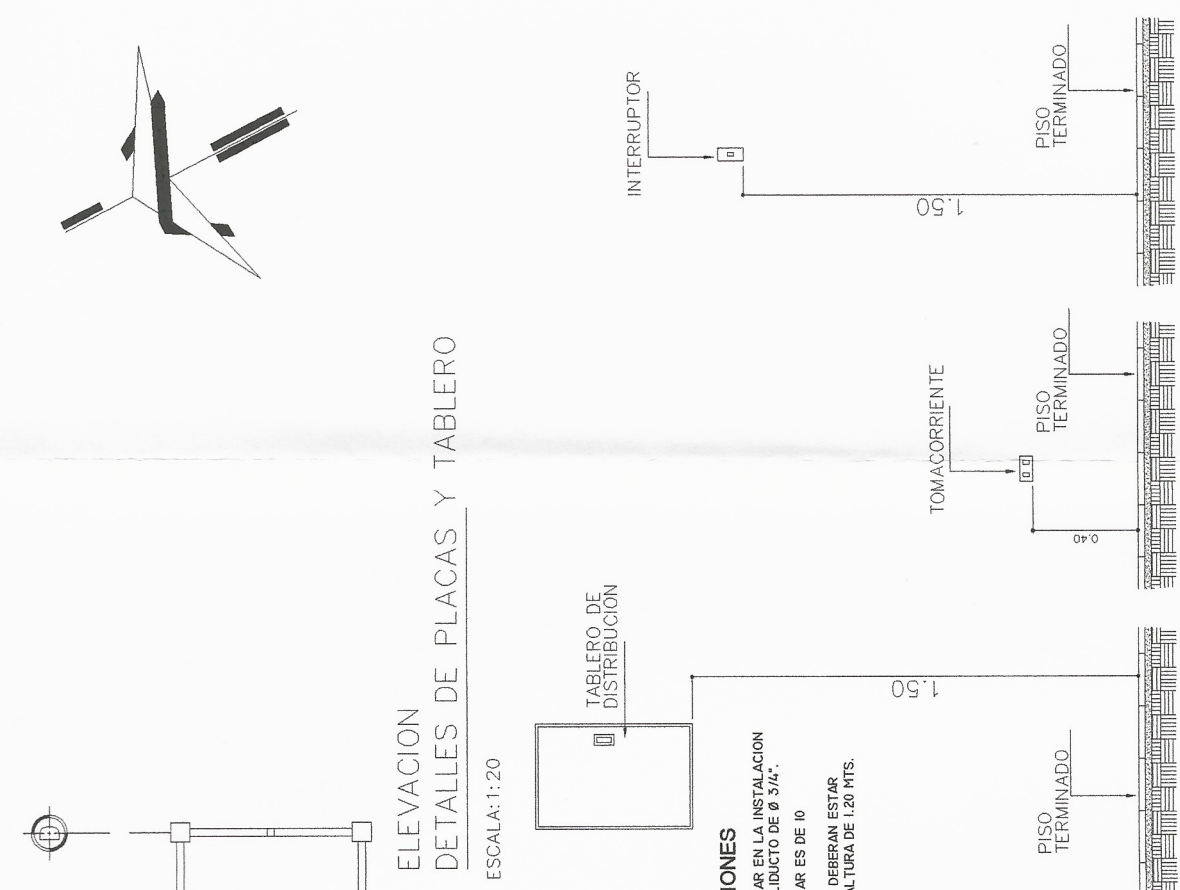
PLANTA DE ILUMINACION PRIMER NIVEL

ESCALA 1:125



PLANTA DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:125



ELEVACION DE PLACAS Y TABLERO

ESCALA: 1:20

ESPECIFICACIONES

- LA TUBERIA A UTILIZAR EN LA INSTALACION ELECTRICA SERA POLIDUCTO DE Ø 3/4".
- EL CALIBRE A UTILIZAR ES DE 10
- LOS INTERRUPTORES DEBERAN ESTAR COLOCADOS A UNA ALTURA DE 1.20 MTS.

NOTAS

- X= 5.50 mts. CUANDO EL CABLE DE ACOMETIDA CRUZA LA CALLE Y H=1.80 mts. X=3.00 mts. CUANDO EL CABLE DE ACOMETIDA NO CRUZA LA CALLE Y H=0.20 mts. MAXIMO.
- PARA CARGAS MENORES DE 2.5kw EL NEUTRO DE LA INSTALACION DEBE ESTAR SOLIDAMENTE CONECTADO A TIERRA, TAMBIEN PARA CARGAS MAYORES DE 2.5kw.
- LA ALTURA DEL CONTADOR SERA DE 1.90 mts. SI SE COLOCA DENTRO DEL TERRENO POR RAZON VALIDA.

SIMBOLOGIA DE ILUMINACION	
	CONTADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS
	TUBERIA PRINCIPAL PARA TABLERO RH
	PLAFONERA + LAMPARA FLUORESCENTE EN CIELO (BOMBILLO AHORRADOR)
	DUCTO ELECTRICO Ø 3/4"
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	NEUTRO TOMA DE TIERRA FASE

CIRCUITO	UNIDAD	FLIPON
CIRCUITOS	6	1X20 AMP.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE:

PLANTA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INSTALACIONES DE ILUMINACION Y DETALLES

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS

Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS

DISEÑO: IRIBID MOSCOZO RIVAS

DIBUJO: IRIBID MOSCOZO RIVAS

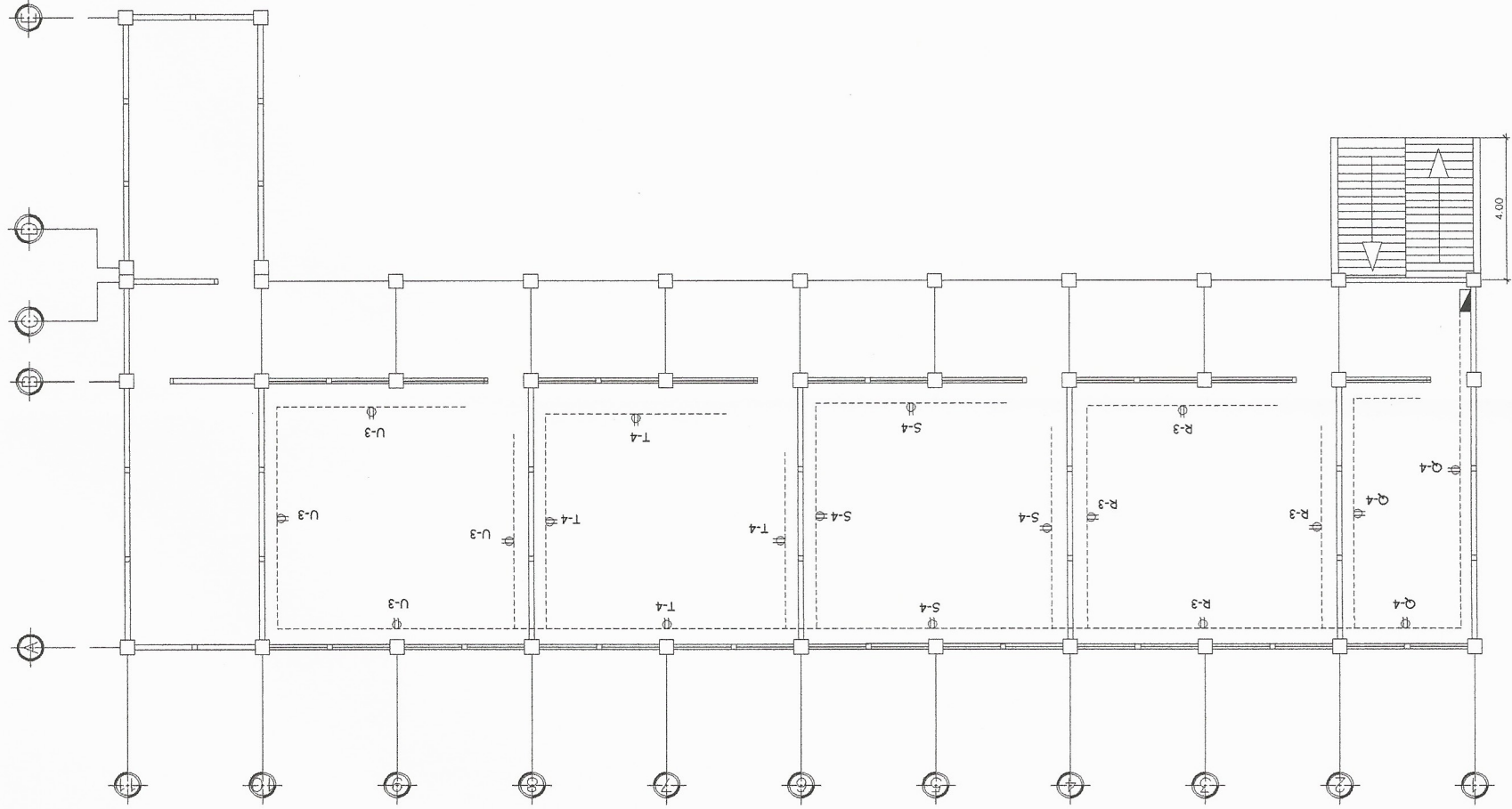
ESCALA: INDICADA

FECHA: FEBRERO 2016

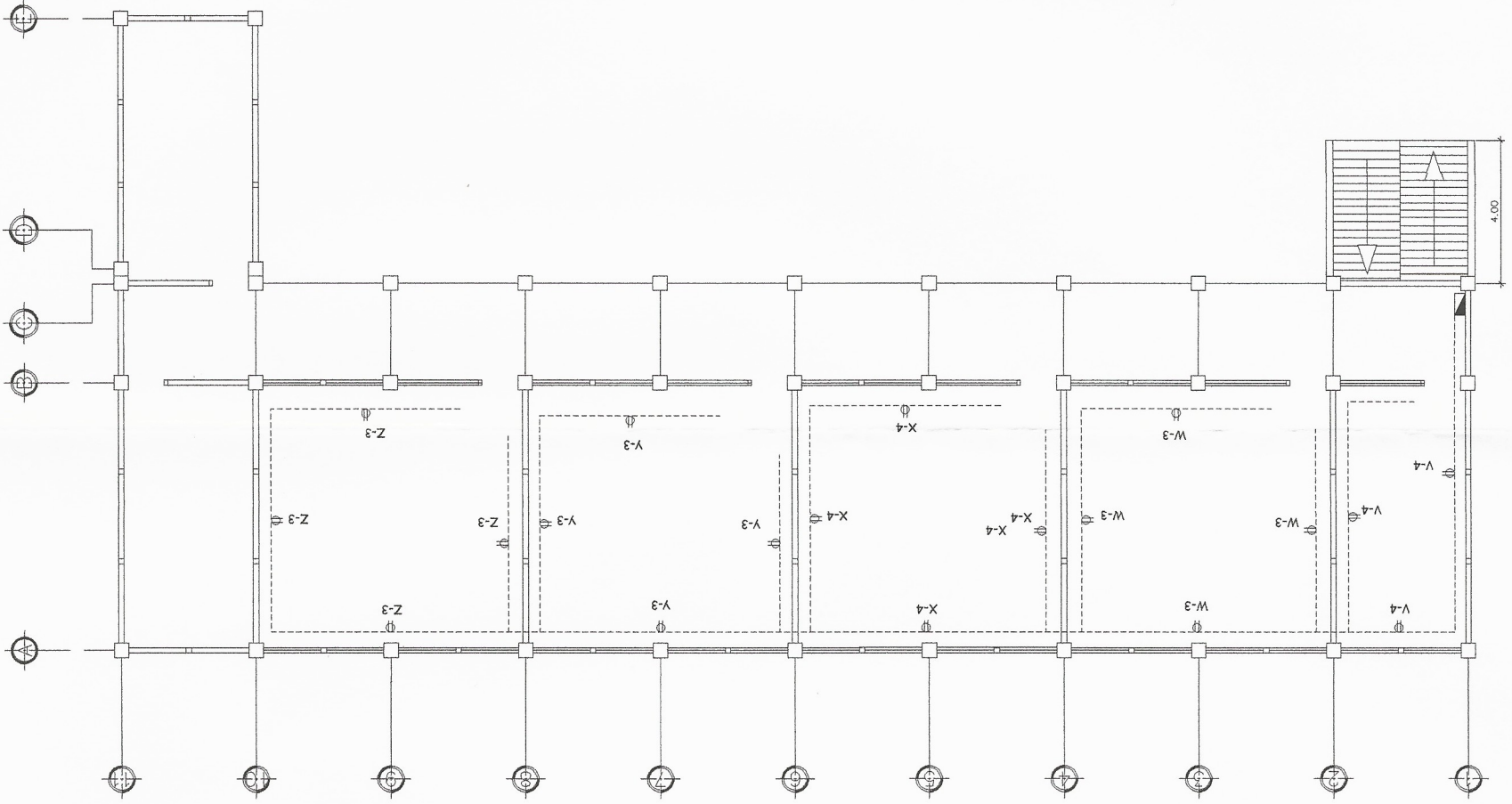
HOJA

13

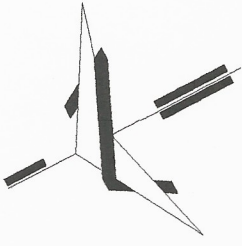
17



PLANTA FUERZA PRIMER NIVEL
ESCALA 1:125



PLANTA FUERZA SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1:125



SIMBOLOGIA DE FUERZA	
	CONTADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL DE CIRCUITOS
	TUBERIA PRINCIPAL PARA TABLERO RH
	INDICA TUBERIA EN CIELO PISO O PARED
	TOMACORRIENTE DOBLE

CIRCUITO	UNIDAD	FLIPON
CIRCUITO Z	4	1X20 AMP
CIRCUITO Y	4	1X20 AMP
CIRCUITO X	4	1X20 AMP
CIRCUITO W	4	1X20 AMP
CIRCUITO V	3	1X20 AMP
CIRCUITO U	4	1X20 AMP
CIRCUITO T	4	1X20 AMP
CIRCUITO S	4	1X20 AMP
CIRCUITO R	4	1X20 AMP
CIRCUITO Q	3	1X20 AMP

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ

CONTIENE: PLANTA DE FUERZA

TIPO: A

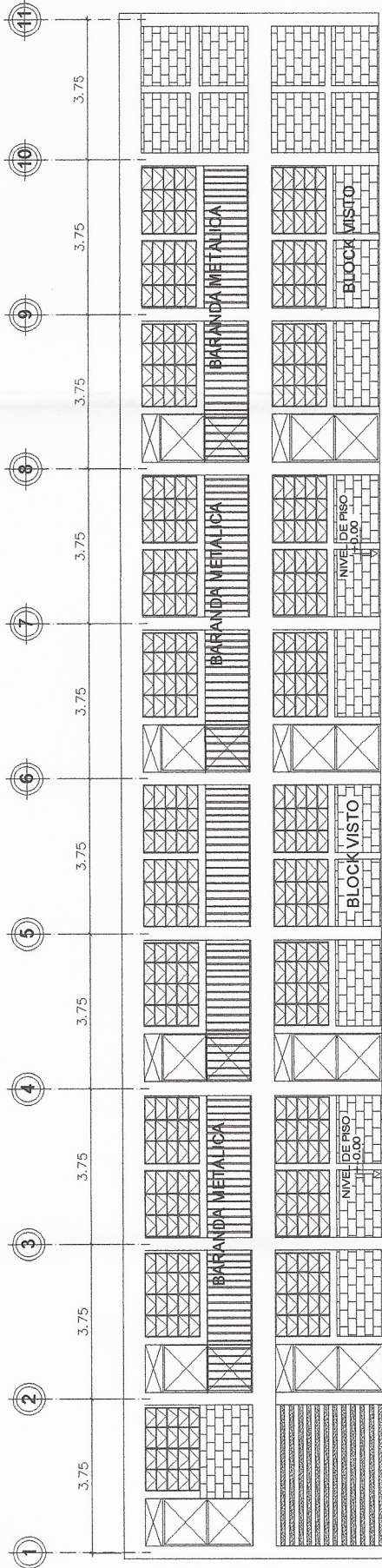
HOJA: 14

17

Ing. Mayra Rebeca García Sierra de Sierra
ASESORA SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Planeación de Ingeniería y EPS

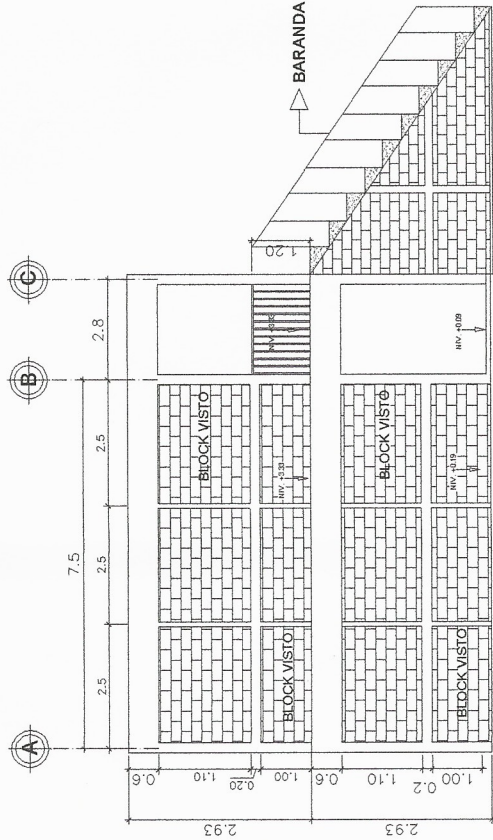
ING. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA

DISEÑO: IRIBID MOSCOZO RIVAS
DIBUJO: IRIBID MOSCOZO RIVAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: FEBRERO 2017



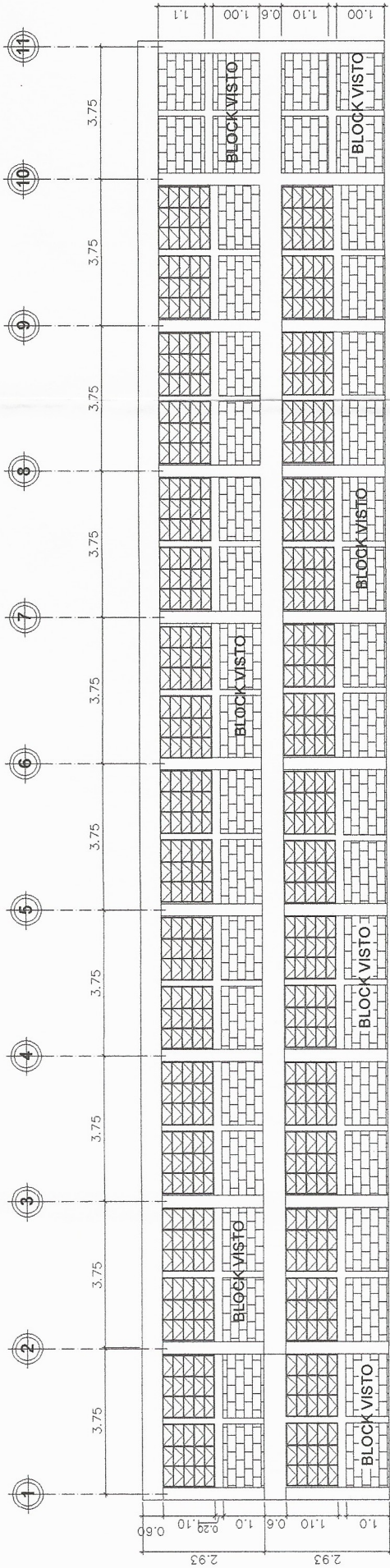
ELEVACION VISTA FRONTAL

ESCALA 1:125



ELEVACION VISTA LATERAL

ESCALA 1:125



ELEVACION VISTA POSTERIOR

ESCALA 1:125

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ.

CONTIENE: ELEVACIONES
TIPO: A
HOJA: 15
17



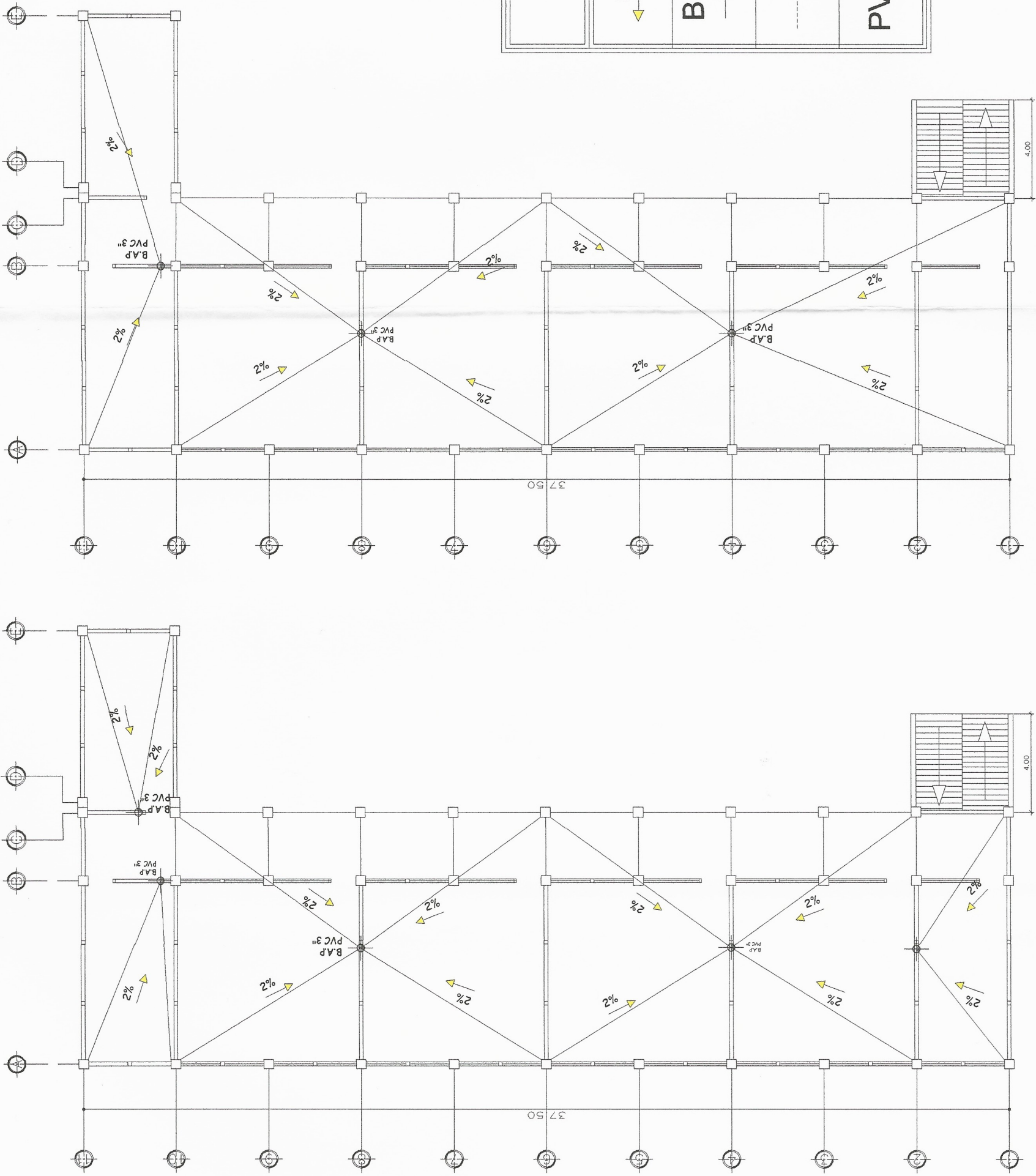
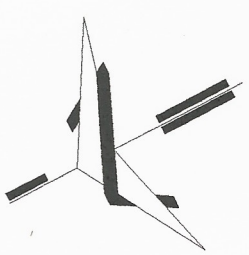
DISEÑO: IRISIO MOSCOSO
RIVAS

DIBUJO: IRISIO MOSCOSO
RIVAS

ESCALA: INDICADA

FECHA: FEBRERO 2017

ING. Mayra Rebeca García de Sierra
ASESORA - INGENIERA DE EPS
Unidad de Planificación y EPS
ING. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA
Ingeniero de Ingeniería



SIMBOLOGIA DE AGUA PLUVIAL	
	PENDIENTE 2%
	BAJADA DE AGUA PLUVIAL
	CONDUCCION DE AGUA PLUVIAL
	INDICA TUBERIA DE PVC DE 3"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPEQUEZ.

CONTIENE: Ciudad de San Carlos de Guatemala

PLANTA DE BAJADA DE AGUA PLUVIAL

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

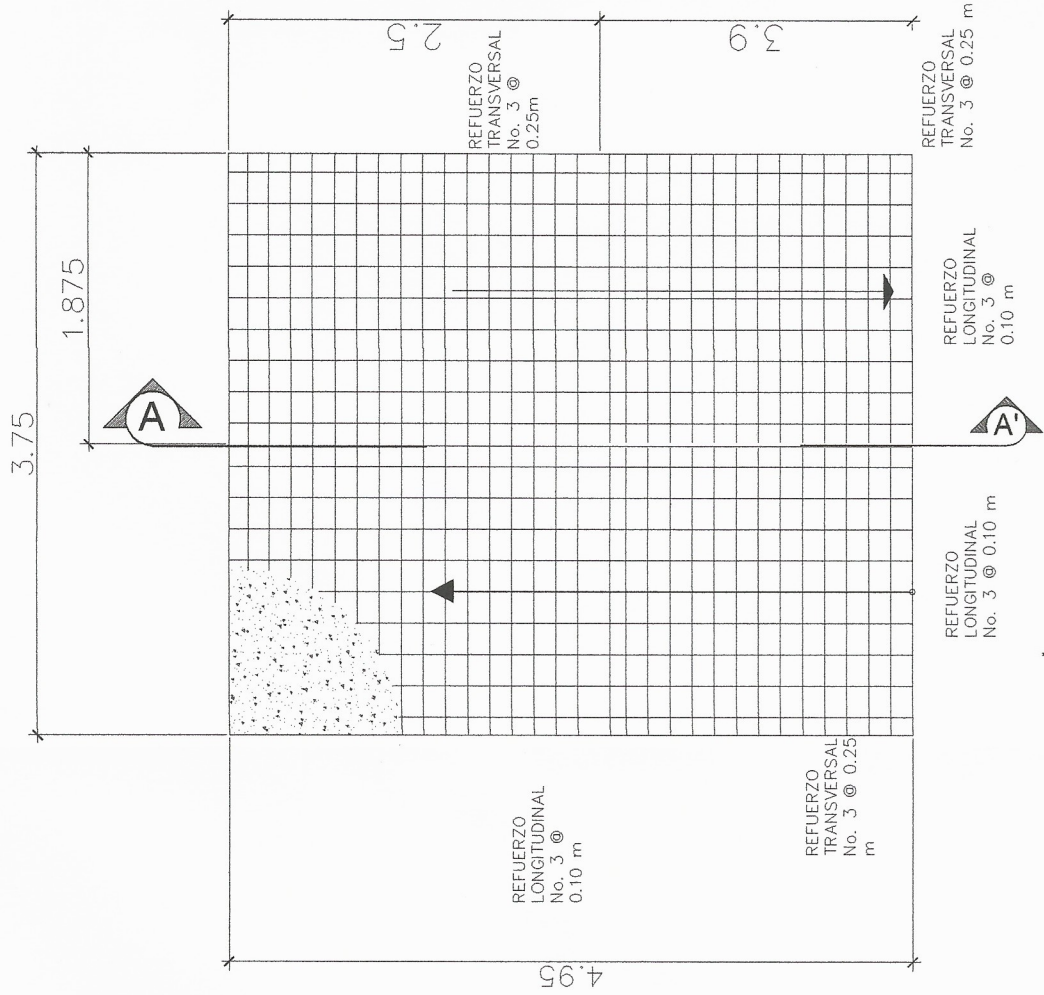
TIPO
A

HOJA
16
17

DISEÑO: IRIBID MOSCOZO
RIVAS
DIBUJO: IRIBID MOSCOZO
RIVAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: FEBRERO 2017

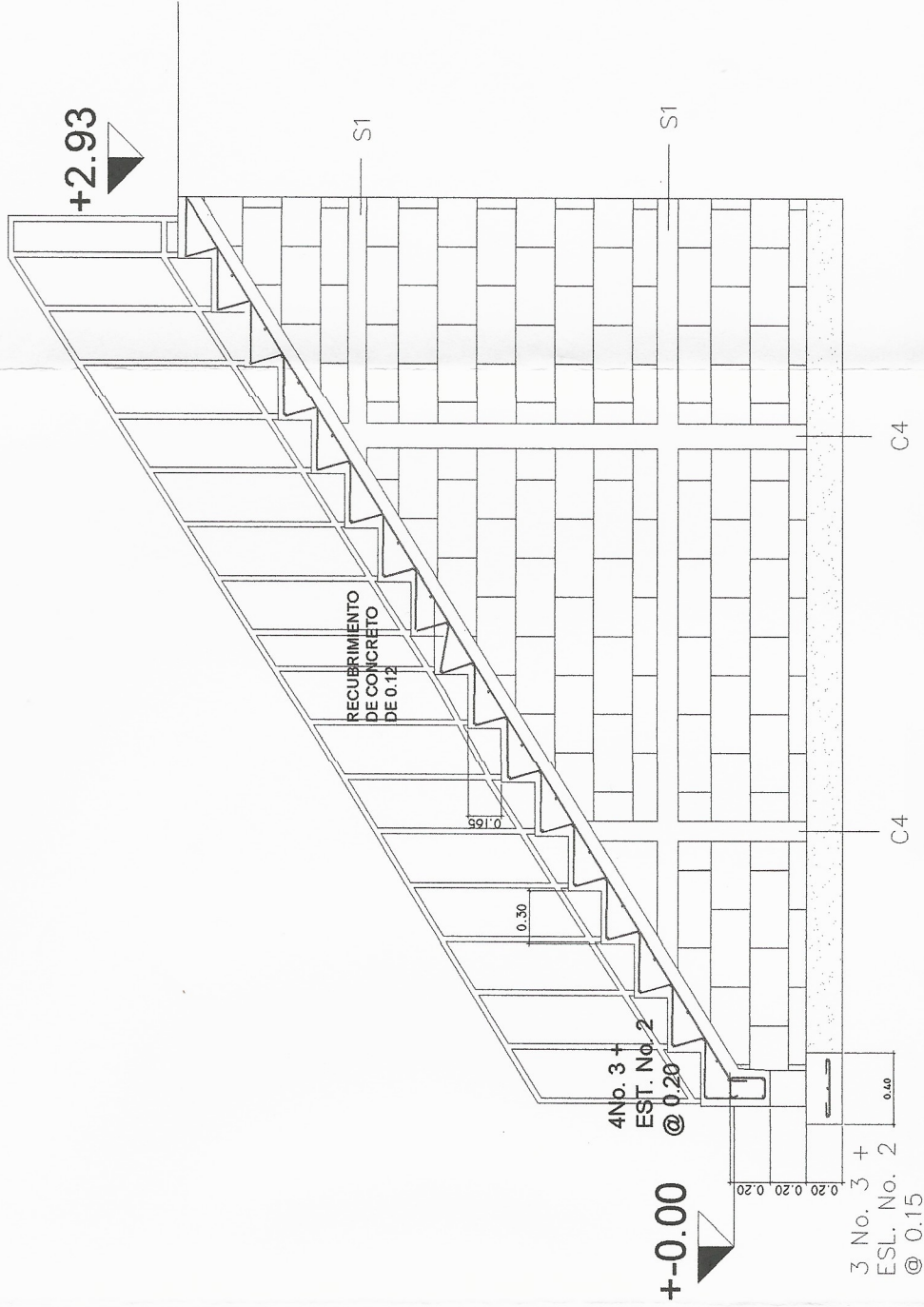
ING. MAYRA REBECA GARCIA DE SIERRA

PLANTA DE AGUA PLUVIAL PRIMER NIVEL ESCALA 1:125 **PLANTA DE AGUA PLUVIAL SEGUNDO NIVEL** ESCALA 1:125



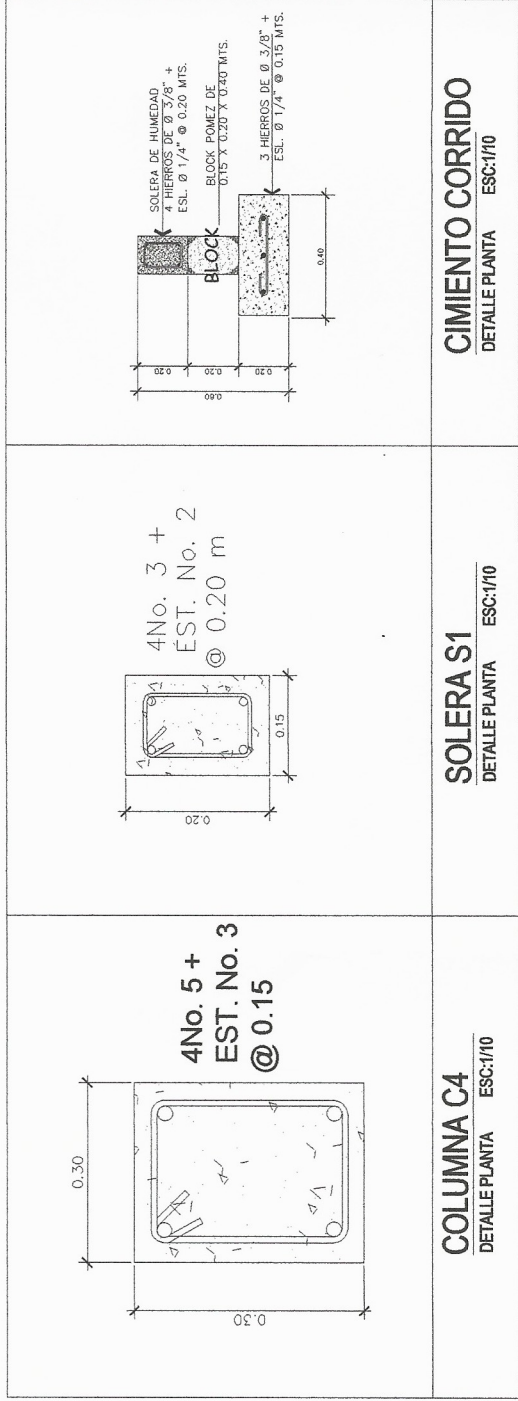
PLANTA DE GRADAS

ESCALA : 1/25



CORTE A-A'

ESCALA : 1/25



COLUMNA C4

DETALLE PLANTA ESC:1/10

SOLERA S1

DETALLE PLANTA ESC:1/10

CIMIENTO CORRIDO

DETALLE PLANTA ESC:1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



PROYECTO: ESCUELA CASERIO SANTA FE OCAÑA, ALDEA CRUZ
BLANCA, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ.

CONTIENE: PLANTA DE GRADAS

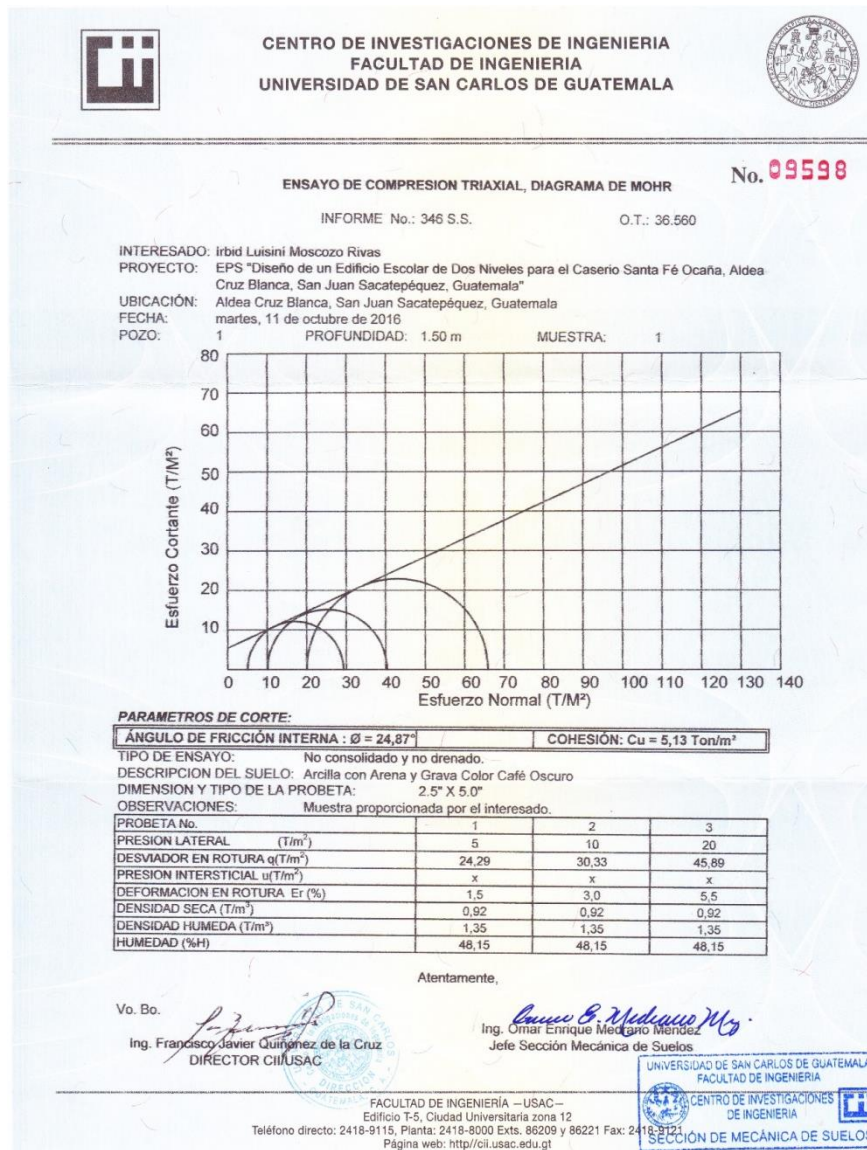
TIPO: HOJA 17

DISEÑO: IREID MOSCOZO
RIVAS
DIBUJO: IREID MOSCOZO
RIVAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: FEBRERO 2017

ING. MAYRA REYES GARCIA DE SIERRA

ANEXOS

Apéndice 1. Ensayo de compresión triaxial, diagramas de Mohr



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC..

